Atena
Editora
Ano 2021

Química:

Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Química: Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Editora Chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes Editoriais
Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto Gráfico e Diagramação
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da Capa
Shutterstock
Edição de Arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os Autores

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-979-0
DOI 10.22533/at.ed.790210804

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.
CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

Ano 2021

APRESENTAÇÃO

O E-book: “Química: Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2” em seu volume II é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à compressão do mundo físico pelo conhecimento cientifico e o despertar para a construção de uma relação mais harmoniosa do homem e do ambiente no qual é parte integrante que interage com o mesmo. Neste sentido, existe uma grande necessidade do despertar para uma consciência coletiva que possa proporcionar tanto o aumento da qualidade e expectativa de vida da atual geração quanto garantir condições para que as gerações vindouras possam dar continuidade à manutenção da própria espécie humana.

A atual sociedade vem construindo e aplicando ações tão destrutivas ao ambiente, ao ponto de se tornarem irreversíveis. Diante disso, o conhecimento cientifico adquire uma importância vital tanto do ponto de vista de sua aquisição quanto da materialização destes que sejam capazes de reconstruir um indivíduo apto a refletir e elaborar ações e comportamentos que manifestam seu grau de conhecimento cientifico. Neste sentido, as ciências da natureza são capazes de estabelecer as bases e ser uma “ponte” de conexão podendo ser desenvolvida em espaços formais e não formais, com destaque para a escola de educação básica. Entretanto, a falta ou deficiência de políticas públicas que promovam investimentos maciços tanto em infraestrutura adequada quanto em qualificação e valorização de recursos humanos, faz com que a comunidade escolar não obtenha o êxito satisfatório fazendo com que sejam protagonistas por si mesmas, o que tem levado ao constante aumento de alternativas que promovam e fortaleçam o processo de alfabetização cientifica por meio de instrumentos lúdicos que facilitem o processo de ensinoaprendizagem das ciências da natureza.

As consequências da não formação de indivíduos alfabetizados cientificamente deixam “sequelas” severas em todos os seguimentos da sociedade. A *priori* ao próprio individuo que não compreendendo suas atitudes e ações lhe causa danos a si e a outrem e a *posteriori* que se “enraíza” em toda a sociedade, visto que a predominância de uma incapacidade coletiva de refletir, distinguir e inferir em ações do seu cotidiano, que se materializam em comportamentos e atitudes que os deixam a mercê de uma condição em que acreditam não serem capazes de mudar e os tornam incapazes de acompanhar o desenvolvimento e progresso possibilitado pelo avanço do conhecimento cientifico.

Neste sentido e com a intenção de colaborar para a disseminação do conhecimento cientifico, universalizando e democratizando o acesso gratuito ao conhecimento em suas diferentes formas de investigação, a Atena Editora trabalha em prol da disseminação do conhecimento de forma gratuita tanto pelo seu site quanto por diferentes plataformas que facilitam o acesso do leitor estando em qualquer ambiente e espaço contribuindo para divulgação e aquisição do conhecimento em diferentes áreas da ciência.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DA TABELA PERIÓDICA A PARTIR DA MONTAGEM DE CUBOS CONTENDO AS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Rodrigo Aparecido de Souza Ribeiro
Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT
Diamantino – MT
http://lattes.cnpq.br/5801795534434969

Valéria Ferreira de Aguiar
Instituto Federal de Rondônia – IFRO
Guajará Mirim – RO
http://lattes.cnpq.br/3442734223970996

RESUMO: O trabalho foi desenvolvido com uma turma da 1ª série do ensino médio de uma escola pública do munícipio de Nova Marilândia – MT. O objetivo principal do trabalho foi o de construir uma Tabela Periódica interativa com a finalidade de originar um novo recurso pedagógico e favorecer o protagonismo dos estudantes no processo de ensino/aprendizagem de forma mais dinâmica e prazerosa. Nesse contexto, a proposta transcorreu em duas vertentes: a pesquisa, o preenchimento das informações, a montagem dos cubos e outro momento a construção de uma estrutura (painel) representando o formato da tabela periódica para a fixação dos cubos confeccionados. Assim, as atividades de construção de materiais demonstra ser uma ótima alternativa para promover a participação dos estudantes nas aulas e despertar a vontade de aprender. A proposta ofereceu também aos estudantes uma forma mais divertida de conhecer e aprender sobre a Tabela Periódica, além do que colaborou para o bom andamento das aulas formando um ambiente colaborativo onde contribui de maneira significativa na aprendizagem e na compreensão dos conceitos estudados.

PALAVRAS - CHAVE: Proposta didática; recurso pedagógico; tabela periódica; elementos químicos.

ACTIVITY OF BUILDING THE PERIODIC TABLE FROM THE ASSEMBLY OF CUBES CONTAINING THE MAIN INFORMATION OF THE CHEMICAL ELEMENTS: A PROPOSAL FOR THE TEACHING OF CHEMISTRY

ABSTRACT: The work was carried out with students from the 1rd year of High School of a public school in the municipality of Nova Marilândia - MT. The main objective of the work was to build an interactive Periodic Table with the purpose of originating a new pedagogical resource and favoring the protagonism of students in the teaching/learning process in a more dynamic and pleasant way. In this context, the proposal was twofold: the research, the filling in of information, the assembly of cubes, and another moment the construction of a structure (panel) representing the format of the periodic table for the fixation of the cubes made. Thus, the activities of construction of materials prove to be a great alternative to promote the participation of students in classes and awaken the desire to learn. The proposal also offered students a more entertaining way to learn about the Periodic Table, in addition to contributing to the good progress of the classes by forming a collaborative

environment where they contribute significantly to learning and understanding the concepts studied.
KEYWORDS: Didactic proposal; pedagogical resource; periodic table; chemical elements.

1 I INTRODUÇÃO

A Tabela Periódica foi desenvolvida para organizar e classificar os elementos químicos levando em consideração as suas características e propriedades periódicas, e essa organização é um importante instrumento para a compreensão da Química. O estudo da Tabela Periódica é importantíssimo para o ensino de Química na educação básica, pois além de retratar características e propriedades dos elementos químicos embasa outros conceitos químicos importantes, sendo fundamental para o entendimento da disciplina como, por exemplo, reações e ligações químicas, propriedades das substâncias, entre outras. No ensino de Química é necessário o desenvolvimento de estratégias diferenciadas e inovadoras para a abordagem dos conteúdos, como a realização de atividades experimentais, utilização de Tecnologias Digital de Informação e Comunicação (TDIC), jogos, entre outras. Segundo Soares (2008), as metodologias diferenciadas usadas em sala acabam por estimular o interesse pelo conteúdo favorecendo o aprendizado, dessa maneira, criando uma ponte entre o entretenimento e a aprendizagem. No entanto, de acordo com Menezes (2000) o ensino de Ciências em seus vários momentos ainda se limita apenas em aulas expositivas tendo o livro didático como o principal recurso pedagógico.

Nas aulas de Química especificamente sobre a Tabela Periódica é nitidamente perceptível a falta de atenção que os estudantes dão a esse assunto, isso, por ser um conteúdo que possui uma linguagem específica e complexa onde na maioria dos momentos é trabalhado de forma abstrata não havendo a aplicação de atividades que mantenham uma conexão dos estudantes com o conteúdo. De acordo com Eichler e Del Pino (2000) a aplicação dos conceitos da Tabela Periódica no ensino de Química ocorre em uma abordagem tradicional baseando-se apenas na memorização, sem haver o entendimento dos processos sistemáticos na construção das leis periódicas da tabela. Por isso, há a necessidade de atividades diferenciadas para estimular a participação nas aulas de Química e de fornecer uma aprendizagem mais significativa sobre os conceitos da Tabela Periódica e dos elementos químicos.

O trabalho foi desenvolvido com uma turma da 1ª série do ensino médio de uma escola pública do munícipio de Nova Marilândia – MT, levando em consideração o quanto é importante o estudo da Tabela Periódica para a aprendizagem dos conteúdos de Química na educação básica. O objetivo principal do trabalho foi o de construir uma Tabela Periódica basicamente com placas de isopor e cubos de papel contendo as principais características e propriedades dos elementos químicos e, assim, originar um novo recurso pedagógico. Dessa maneira, favorecer o protagonismo no processo de ensino/aprendizagem e de

promover uma atividade para abordar os conteúdos sobre a Tabela Periódica de forma mais dinâmica e prazerosa, portanto, tendo a finalidade de despertar o interesse e a participação dos estudantes no estudo da Química.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da proposta didática foi preciso uma colaboração mutua entre professor e estudantes. Desse modo, a proposta transcorreu-se em duas vertentes: a pesquisa e preenchimento das informações no cubo, a montagem dos cubos e a construção de uma estrutura (painel) para a fixação dos cubos confeccionados. O processo de confecção dos cubos consistiu primeiramente na impressão dos moldes, o modelo representado na figura 01 mostra a dimensão e a distribuição das principais informações dos elementos químicos que foram utilizadas no preenchimento de cada face do cubo. É importante mencionar que nesse momento foi dado total autonomia no tipo de material usado para colorir os cubos (uso de lápis de cor, canetinha ou tintas) obedecendo apenas a coloração específica para definir a classificação dos elementos. Durante o preenchimento das informações o professor explicava os conceitos e sanava as dúvidas que surgiam durante o processo.

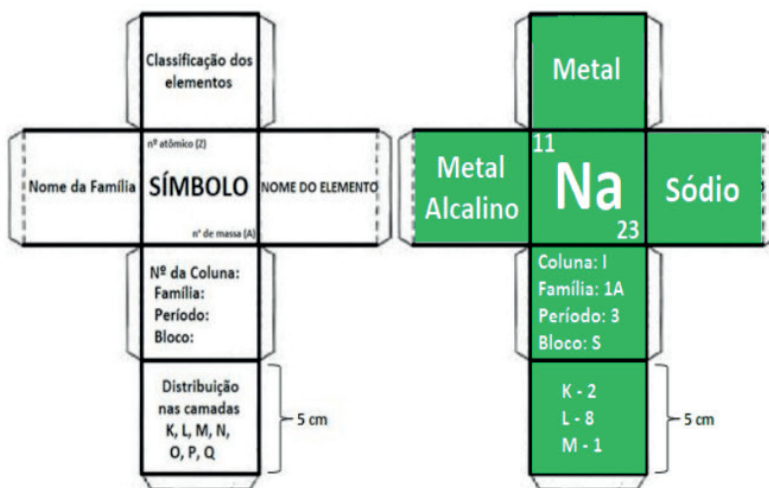



Figura 01: Exemplo do modelo utilizado para a confecção dos cubos contendo as informações que foram preenchidas sobre cada elemento químico.

Fonte: arquivo pessoal

Para a construção da estrutura de fixação dos cubos (painel) foi preciso um trabalho um pouco mais elaborado e a utilização de alguns matérias, como um total de três placas

de isopor de 20mm de espessura e dimensões de 1m x 0,5m e quatro ripas de madeira da mesma espessura das placas de isopor. As ripas foram pregadas de modo que originou o tamanho exato da armação para encaixar e colar as placas de isopor no interior (1,5m x 1,5m), formando uma espécie de painel conforme é presentado na figura 04. Posteriormente, foi realizado a demarcação na medida dos cubos e em seguida com um estilete feito as aberturas para realizar o encaixe desses cubos que representam os elementos. Diante de todo o desenvolvimento metodológico a avaliação foi realizada de maneira formativa, ou seja, sendo analisado o interesse dos estudantes em participar da atividade e a interação que a proposta teve com os conteúdos dentro da perspectiva do "aprender fazendo".

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades de construção de materiais demonstra ser uma ótima alternativa para promover a participação dos estudantes nas aulas e despertar a vontade de aprender. No processo de construção dos cubos os estudantes participaram diretamente na confecção e no preenchimento das informações dos elementos químicos em cada parte do cubo e, isso, exigia uma interação diretamente com a Tabela Periódica e atenção nas orientações que eram repassadas pelo professor sobre os elementos químicos. Essa interação durante o processo construtivo (Figura 02) foi muito importante para interpretação e o entendimento das informações de cada elemento químico (nome, símbolo, número atômico, número de massa, períodos, famílias, distribuição eletrônica, entre outros), assim, esse contato e o interesse em realizar a atividade permitiu aos estudantes observar e perceber características importantes dos elementos químicos na Tabela Periódica como, por exemplo, a classificação dos elementos de acordo com as cores dos cubos.

Figura 02: Processo de confecção dos cubos e o preenchimento das informações dos elementos químicos.

Fonte: arquivo pessoal

Dessa forma, ficou evidente que a proposta desperta o interesse nos estudantes proporcionando um ambiente de colaboração mutua e uma participação mais ativa no estudo da Tabela Periódica. Para Santos (2002) as atividades lúdicas são importantes para a construção do conhecimento em vista que age na contextualização do conteúdo, o que facilita para a aprendizagem e para os processos de socialização dos próprios estudantes.

Figura 03: Cubos confeccionados

Fonte: arquivo pessoal

O professor também teve um papel importante no desenvolvimento da atividade, como era necessário manusear instrumentos de carpintaria (martelo e pregos) e também por questão de segurança dos estudantes o professor foi o responsável por montar a estrutura de madeira onde as placas de isopor foram encaixadas e coladas. Outro detalhe imprescindível foi que a unidade escolar não permitia o uso de estiletes em sala de aula, portanto, o professor realizou os cortes de cada “quadradinho” para o encaixe dos cubos confeccionados (Figura 04).

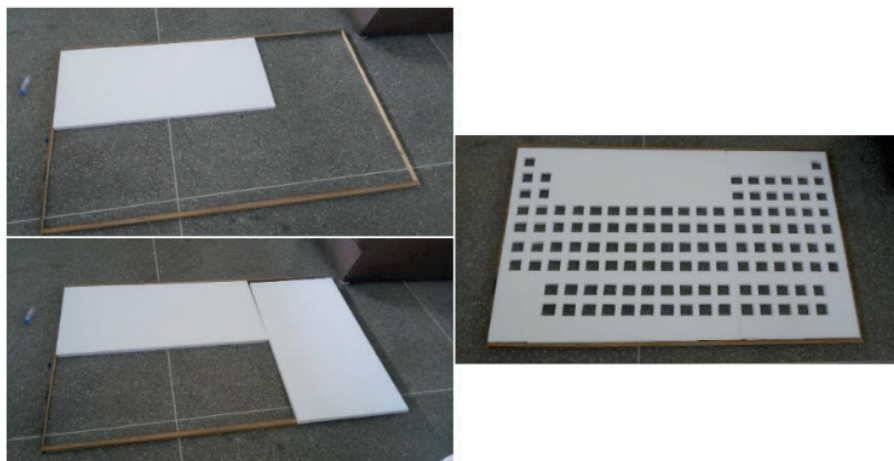



Figura 04: Construção da estrutura para a fixação dos cubos

Fonte: arquivo pessoal

Com os materiais necessários para a montagem da Tabela Periódica prontos, os estudantes iniciaram a montagem colocando os cubos que representa cada elemento químico na sua respectiva posição (Figura 05). Vale ressaltar que nesse momento os estudantes já estavam familiarizados com aspectos importantes sobre o posicionamento dos elementos na Tabela Periódica conseguindo compreender com mais facilidade alguns critérios como, por exemplo, a organização dos elementos químicos pela ordem crescente do número atômico, a ligação que o número de camadas eletrônicas tem com os períodos, a relação do número de elétrons na camada de valência com as famílias dos elementos representativos e a divisão da tabela em blocos em consideração aos subníveis de energia.

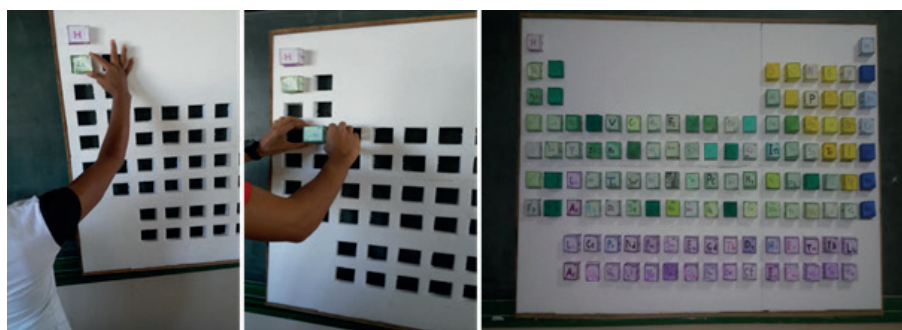



Figura 05: Estudantes colocando os cubos dos elementos químicos nas respectivas posições.

Fonte: arquivo pessoal

A cada momento em que os estudantes faziam a colocação dos cubos na tabela o professor aproveitava a atenção e interesse dos mesmos e reforçava as informações sobre respectivos conceitos. Segundo Zanon, Guerreiro e Oliveira (2008) uma atividade diferenciada fornece uma forma mais dinâmica de aprender e de assimilar o que foi estudado e para o professor uma maneira de conectar os estudantes aos conteúdos. Por isso, a atividade fez com que os estudantes compreendessem os critérios utilizados para a organização da Tabela Periódica, aprendendo a consultar as informações que a tabela fornece sobre os elementos químicos.

4 I CONCLUSÃO

A utilização de estratégias didáticas diferenciadas no ensino de Química é importante para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos químicos e especificamente dos conteúdos sobre a Tabela Periódica. Desse modo, a atividade desenvolvida favoreceu o protagonismo dos estudantes incentivando-os em participar com mais interesse das aulas proporcionando maior interação com os conteúdos. A proposta ofereceu também aos estudantes uma forma mais divertida de conhecer e aprender sobre a Tabela Periódica, além do que colaborou para o bom andamento das aulas formando um ambiente colaborativo onde contribui de maneira significativa na aprendizagem e na compreensão dos conceitos estudados.

Portanto, é importante ressaltar que essa atividade demonstrou ser uma ótima estratégia metodológica para o ensino da Tabela Periódica, resultando em um recurso didático-pedagógico dinâmico mantendo o princípio do "aprender fazendo" e, assim, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

EICHLER, M.; DEL PINO, J. C. **Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica**. *Química Nova* v. 23, n. 6, 2000.

MENEZES, L. C. de. Ensinar ciências no próximo século. In: HAMBURGER, E. W.; MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2000.

SANTOS, S. M. P. (Org.). **O lúdico na formação do educador**. 5ª ed., Petrópolis – RJ; Vozes, 2002.

SOARES, Márlon. **Jogos para o Ensino de Química: teoria, métodos e aplicações**. Guarapari: Ex Libris, 2008. 169 p.

ZANON, D. A. V.; GUERREIRO, M. A. S.; OLIVEIRA, R. C. **Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação**. Ciência & Cognição. v. 13, p. 72-81, 2008.

CAPÍTULO 2

AULAS DE CIÊNCIAS E USO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO NONO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Data de aceite: 01/03/2021

Davi Souza Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/1353864375488049

Vera Lúcia Neves Dias Nunes
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/2305829335656074

Everaldo Nicomedio Santos Sousa
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/8852137069292099

Raquel Maria Trindade Fernandes
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/6385115742213110

Jackson Ronie Sá-Silva
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/1439787124956370

RESUMO: O modo resumido e limitado em que os conteúdos de química são abordados nos livros didáticos de Ciências do nono ano do ensino fundamental, aliado a uma aula utilizando apenas o livro como recurso e a mediação do conteúdo apenas por repetição, ocasionam dificuldades no processo ensino-aprendizagem. O presente trabalho tem por objetivo apresentar como se realizou a confecção de kits didáticos de baixo custo para a utilização nas aulas de Ciências e consequente exposição dos conteudos a partir de modelos atômicos e a técnica de separação de misturas. Confeccionou-se dois kits para serem utilizados numa perspctiva de ensino experimental. A utilização dos kits didáticos tanto auxilia os professores na ministração das aulas como ajuda na aprendizagem dos alunos. Conclui-se que ser professor da disciplina de Ciências, assim como de qualquer outra disciplina, é desafiador, pois é necessário estar sempre em constante aprendizado e estar apto tanto para responder os questionamentos dos alunos quanto para criar situações questionadoras. Os kits demonstraram que fica mais fácil ensinar conteúdos de química nas aulas de Ciências.

PALAVRAS - CHAVE: Conteúdos de química; Ensino de ciências; Kits didáticos.

SCIENCE CLASSES AND USE OF TEACHING KITS FOR THE TEACHING OF CHEMISTRY IN THE NINTH YEAR OF FUNDAMENTAL EDUCATION

ABSTRACT: The short and limited way in which the contents of chemistry are covered in science textbooks of the ninth grade of elementary school, combined with a class using only the book as a resource and mediation of the content only by repetition, cause difficulties in the process teaching-learning. The present work aims to present how low cost educational kits were made for use in Science classes and the consequent exposure of the contents from atomic models and the technique of separating mixtures. Two kits were made to be used in an experimental

teaching perspective. The use of didactic kits both assists teachers in teaching classes and helps students learn. We conclude that being a teacher of the Science discipline, as well as any other discipline, is challenging, as it is necessary to always be in constant learning and to be able both to answer students' questions and to create questioning situations. The kits demonstrated that it is easier to teach chemistry content in science classes.
KEYWORDS: Chemistry content; Science teaching; Educational kits.

1 I INTRODUÇÃO

Ensinar Química na última série do ensino fundamental é uma proposta herdada das finalidades do ensino de meados do século XX, quando houve oficialmente a predominância do modelo tradicional de ensino (MILARÉ e ALVES FILHO, 2010).

O modelo tradicional de ensino, fundamentado quase que exclusivamente na ideia de uma educação dogmática, sustentada na acumulação passiva de conhecimentos, ficando o papel do professor restrito à transmissão de conhecimentos, e o do aluno a um mero receptor e repetidor, é questionado já faz algum tempo nas pesquisas educacionais. Os modos de entender de cada um precisam ser considerados, pois várias cadeias de significados surgem como resultado, sendo que no espaço escolar, principalmente, três elementos estão presentes: o professor, o aluno e o conteúdo (TEIXEIRA, 2019).

Aprender química consiste não apenas em conhecer suas teorias e conteúdos, mas também em compreender seus processos e linguagens, assim como o enfoque e o tratamento empregado por essa área da ciência no estudo dos fenômenos (MILARÉ, MARCONDES e REZENDE, 2014).

O ensino de Ciências na atualidade deve estar voltado para reforçar o interesse e a curiosidade dos estudantes pela natureza, pelos conhecimentos da ciência e tecnologia (SERRA, 2012). Silva e colaboradores (2017), discutem em seu trabalho que dentre os fatores importantes para a qualidade do ensino de ciências está a experimentação. Pois a experimentação assistida e direcionada pode contribuir para a construção do conhecimento científico. A função do ensino experimental está diretamente relacionada com a consciência da necessidade de adoção, pelo professor, de uma postura diferenciada sobre como ensinar e aprender ciências (FONSECA e SOARES, 2016).

Segundo Santos et al (2015), alguns professores ainda usam somente o livro didático como recurso metodológico tornando a disciplina cansativa e monótona não despertando o interesse dos estudantes pela disciplina de Ciências Naturais, que é uma disciplina bem complexa e exige formas de ensino mais elaboradas. E as características dos conteúdos propostos nos livros de Ciências do 9° Ano provocam algumas dificuldades, tanto no âmbito da aprendizagem quanto no do ensino (MILARÉ e PINHO-ALVES, 2010).

Outros fatores que influencia no ensino de ciências, a saber, realidades de muitas escolas públicas, na qual se observam turmas com superlotação, profissionais mal remunerados e estrutura física inadequada das escolas (DE LIMA et al, 2016). Tudo isso

faz com que os professores se questionam sobre o que é necessário para se adequarem às propostas definidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), (LIMA e VASCONCELOS, 2006).

Com o intuito de superar algumas dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de alguns conteúdos da disciplina de Ciências do nono ano, o presente trabalho tem como objetivo apresentar como se realizou a confecção de kits didáticos de baixo custo para a utilização nas aulas de Ciências e consequente exposição dos conteudos a partir de modelos atômicos e a técnica de separação de misturas, com a finalidade de fazer com que os alunos compreendam melhor os assuntos abordados e despertar no professor o interesse para confeccionar outros kits para serem utilizados nas aulas de Ciências.

2 | OBJETIVO

Apresentar como confeccionar kits didáticos de baixo custo para a utilização nas aulas de Ciências apresentando conteudos de química a partir de modelos atômicos e separação de misturas.

3 | METODOLOGIA

O referido trabalho teve como público alvo alunos e a professora do nono ano do ensino fundamental da escola U.E.B. Santa Clara, da rede pública do sistema de ensino de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. Um dos fatores que levou a escolha da escola foi que a mesma não possui laboratorio de ciências nas sua infraestrutura. Escolheu-se, dentre os conteudos do livro, os assuntos de modelos atômicos e separação de misturas. Na montagem dos kits, buscou-se usar materiais de baixo custo e/ou alternativos para que a professora responsável pela disciplina continuasse com essa ideia de confeccionar kits para se trabalhar melhor os conteúdos de Ciências. Realizou-se ainda um questionário contendo 4 questões fechadas com os alunos de formas online, através da plataforma Google Forms.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O livro utilizado para a escolha dos conteúdos foi: Projeto Araribá: Ciências (uma obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna e a editora responsável foi Maíra Rosa Carnevalle). O livro possui 9 unidades, sendo as 4 primeiras unidades direcionadas aos assuntos de química e as 5 unidades restantes direcionadas aos assuntos de física. Percebemos pela divisão das unidades que os aluno ao longo do ano letivo, tem mais aulas de física, o que pode, futuramente, tornar-se um problema, pois a Química vista no Nono Ano serve como introdução a Química que os alunos irão ver nas series seguintes. Os assuntos são muito resumidos e nas series anteriores os alunos não

tem nenhum contato direto com assuntos dessa área. Dentre os assuntos das 4 unidades escolheu-se 2 para serem trabalhados utilizando os kits didáticos. Os assuntos escolhidos foram: modelos atômicos e substâncias e misturas.

4.1 Confecção dos Kits Didáticos

Buscando sempre materiais de baixo custo e/ou materiais alternativos, confeccionou-se kits para os assuntos de modelos atômicos (Figura 1), substâncias e misturas (figura 2).

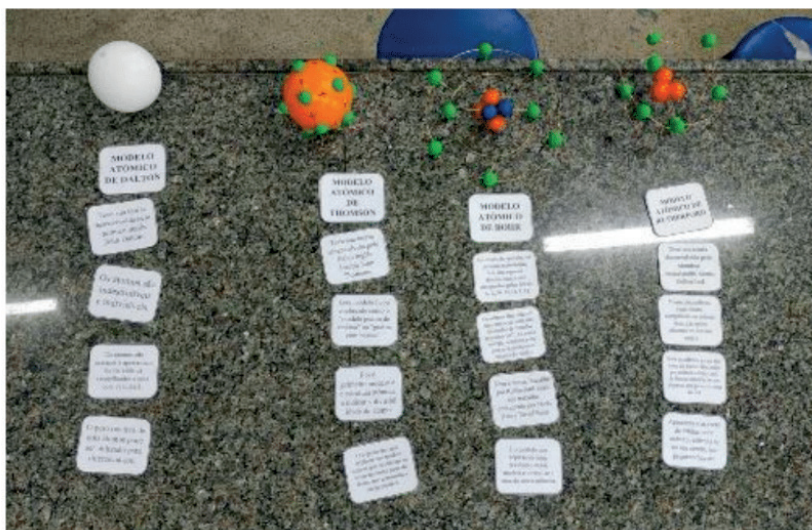



Figura 1: Kit completo de Modelos Atômicos

Fonte: Autor, 2020.

Na figura 1, temos, de forma ilustrativa, os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. E além da representação dos modelos, o kit possui algumas fichas contendo informações sobre cada modelo. O professor pode utiliza-lo de acordo com o seu planejamento, mas sugere-se que o mesmo utilize os modelos na ministração da aula fazendo uma exposição de cada modelo, trazendo curiosidades e outras informações que não estão no livro didático, e se preferir pode passar de carteira em carteira para que cada aluno toque e veja melhor cada modelo. Ao final da exposição, as fichas podem ser usadas como avaliação, podendo o professor colocar os modelos expostos em cima da mesa e distribuir as fichas para os alunos irem colocando cada uma delas abaixo do modelo que corresponde a informação que contém.

Figura 2: Kit de cromatografia simples

Fonte: Autor, 2020.

Dentre os diferentes métodos de separação propostos destacam-se as técnicas cromatográficas, que constituem um conjunto de procedimentos que vão desde simples técnicas de bancada até sofisticadas metodologias instrumentais (COLLINS e BRAGA, 1998). Entre as várias técnicas cromatográficas, aquela com maior potencialidade didática em cursos básicos de química é a cromatografia em papel, devido à sua simplicidade, facilidade de execução e possibilidade de uso de amostras coloridas, em pequenas quantidades (OKUMURA, SOARES e CAVALHEIRO, 2002).

Sugere-se que o professor dividia a turma em grupos, leia o roteiro da prática com os alunos e explique como os grupos devem realizar o experimento. O professor deve estar atento para tirar possíveis duvidas que forem surgindo durante a realização da prática. Quando todos os grupos realizarem os experimentos, podem ser levantadas algumas questões para discursão, tais como:

O que ocorreu com as tintas das canetas com o tempo?

Quais tinham mais de um componente e quais possuíam apenas um?

Quais foram as cores observadas na separação de cada tinta?

Por que cada componente das tintas percorre uma distância diferente?

Quais tintas tinham os mesmos componentes?

Ao planejar as aulas de Ciências, devemos adotar uma metodologia que faça com que os alunos deixem de ser meros receptores. Metodologia essa que segundo Carvalho et al (1998, p14):

> [...] possa favorecer a concorrência de perguntas, questionamentos que proporcionem situações problemáticas interessantes e possibilitem a construção de conhecimentos adequados, ou seja, devem-se buscar conteúdos dentro do mundo da criança - mundo físico em que ela vive e brinca - os quais podem ser trabalhados [...].

Quando usamos os kits tentamos demonstrar na esfera macroscópica o que acontece na esfera microscópica, tentando fazer com que os alunos compreendam o assunto que em primeira instância parecia complexo e de difícil compreenção. A utilização dos kits tanto auxilia os professores na ministração das aulas como ajuda no processo de assimilação dos conteúdos por partes dos alunos.

4.2 Aplicação do Questionário com os Alunos

Um questionário contendo quatro perguntas fechadas foi aplicado com 53 alunos e para preservar a identidade dos alunos não foi pedido que os mesmos se identificassem. De acordo com as respostas dos alunos observou-se um percentual de 54,7% que consideram os assuntos de química sendo de fácil compreensão, o que é um ponto positivo, pois a maioria dos alunos estão conseguindo compreender os conteúdos. Mas, apesar dessa porcentagem acima citada existe uma contra posição de um percentual de 45,3% que não conseguem ver esses conteúdos do nono ano com tanta compreensão. No entanto, apenas 17% dos alunos confirmam que seus professores não costumam lançar mão de experimentos em suas aulas. Pode-se perceber ainda pela aplicação do questionário que 43,4% dos professores usam experimentos para melhor compreensão das suas aulas. Outro percentual de grande relevância é que 90,6% dos professores da disciplina de Ciências fazem experimentostornando assim as aulas tornam-se mais prazerosas e menos cansativas, o que a uma certa concordancia pois dos alunos entrevistados todos concordam que é relevante o uso de experimentos.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ser professor da disciplina de Ciências, assim como de qualquer outra disciplina, é desafiador, pois é necessário estar sempre em constante aprendizado e estar apto tanto para responder os questionamentos dos alunos quanto para criar situações questionadoras. Portanto, espera-se que a utilização de kits experimentais possa contribuir de maneira significativa na aprendizagem dos alunos, desmistificando a ideia de que a disciplina de

química é de difícil compreensão tanto no nono ano como no ensino médio, e motivando o professor de Ciências do Nono Ano a confeccionar outros kits para utilizar em suas aulas e, assim explicar os conteúdos de forma mais didática. Os kits didáticos foram confeccionados, porém não foi possível a sua aplicação na escola por conta da suspensão das aulas por causa da pândemia.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Anna M. P. et al. **Ciênciasno Ensino Fundamental – O conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberto Leite. Introdução a métodos cromatográficos. In: **Introdução a métodos cromatográficos**. 1988. p. 298-298.

DE LIMA, Gabriel Henrique et al. O uso de atividades práticas no ensino de ciências em escolas públicas do município de Vitória de Santo Antão-PE. **Revista Ciência em Extensão**, v. 12, n. 1, p. 19-27, 2016.

FONSECA, Wander; SOARES, J. A. A experimentação no ensino de ciências: relação teoria e prática. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: Cadernos PDE**, v. 1, 2016.

LIMA, K. E. C.; VASCONCELOS, S. D. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal do Recife. **Ensaio:** Avaliação e Políticas Públicas em Educação, Rio de Janeiro, v. 14, n. 52, p. 397-412, 2006.

MILARÉ, Tathiane; ALVES FILHO, José de Pinho. Ciências no nono ano do ensino fundamental: da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 12, n. 2, p. 101-120, 2010.

MILARÉ, Tathiane; PINHO-ALVES, J. A Química disciplinar em ciências do 9º Ano. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 43-52, 2010.

MILARÉ, Tathiane; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; REZENDE, Daisy de Brito. Discutindo a Química do Ensino Fundamental Através da Análise de um Caderno Escolar de Ciências do Nono Ano. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 3, p. 231-240, 2014.

OKUMURA, Fabiano; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 680-683, 2002.

SANTOS, Cleidilene de Jesus Souza et al. Ensino de Ciências: Novas abordagens metodológicas para o ensino fundamental. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 217-227, 2015.

SERRA, Hiraldo. FORMAÇÃO DE PROFESSORES E FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. Educação e Fronteiras On-Line, Dourados/MS, v.2, n.6, p.24-36, set./dez. 2012.

SILVA,Alexandre Fernando da et al. O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora.**Revista Exitus,** Santarém/PA, Vol. 7, N° 2, p. 283-304, Maio/Ago 2017.

TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. A Ciência, a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências. Ciênc. Educ., Bauru, v. 25, n. 4, p. 851-854, 2019

CAPÍTULO 3

MELHORIA DA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: AULAS EXPERIMENTAIS ATRAVÉS DE KITS DIDÁTICOS PARA ESTUDANTES DO 9º ANO

Data de aceite: 01/03/2021

Everaldo Nicomedio Santos Sousa
Universidade Estadual do Maranhão-Programa Ensinar, Polo de Anajatuba
Anajatuba-MA
http://lattes.cnpq.br/8852137069292099

Vera Lúcia Neves Dias Nunes
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/2305829335656074

Davi Souza Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/1353864375488049

Antônio Francisco Fernandes de Vasconcelos
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/0112487022738304

Jackson Ronie Sá-Silva
Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - MA
http://lattes.cnpq.br/1439787124956370

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo produzir kits didáticos de baixo custo para auxiliar na aprendizagem do Ensino de Ciências relativas aos conteúdos de química ministrado no 9°ano. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu na Escola Municipal da cidade de Anajatuba, Maranhão, Brasil. Os kits foram confeccionados relacionando-se às temáticas dos seguintes conteúdos: tabela periódica, ácidos, bases e reações químicas com intuito de avaliar a aprendizagem dos alunos, pois grande parte dos alunos do 9°ano do ensino fundamental encontram dificuldades em aprender alguns conceitos no ensino de química. Diante desse fato se faz necessário estimulá-los através de atividades experimentais simples com teoria dos conteúdos referentes a disciplina, através de experimentação contribuindo assim para o estímulo de raciocínio lógico, facilitando a aprendizagem por meio de uma aula mais dinâmica e prazerosa.
PALAVRAS - CHAVE: Ensino Ciências; Aprendizagem; Experimentos.

ABSTRACT: This work aims to produce low-cost didactic kits to assist in the learning of Science related to the contents of chemistry taught in the 9th grade. The development of the research took place at the Municipal School in the city of Anajatuba, Maranhão, Brazil. The kits were made relating to the themes of the following contents: periodic table, acids, bases and chemical reactions in order to evaluate students' learning, since most students in the 9th grade of elementary school find it difficult to learn some concepts in chemistry teaching. In view of this fact, it is necessary to stimulate them through simple experimental activities with theorical content related to the discipline, through experimentation, thus contributing to the stimulus of logical reasoning, facilitating learning through a more dynamic and pleasurable class.
KEYWORDS: Science teaching; Learning;

Experiment.

1 I INTRODUÇÃO

O ensino no Brasil, ainda é, em sua maioria, sistematizado, o que leva a uma memorização do conteúdo. Dessa forma, utilização do livro didático se torna, por vezes, o único instrumento utilizado para esse tipo de aula. No entanto, o ensino tendo como base somente esse material, com aulas expositivas, não permite um aprendizado dinâmico para o aluno (VASCONCELOS e SOUTO, 2003; NICOLA e PANIZ, 2017).

Os livros didáticos são muito limitados e, por vezes, distantes da realidade escolar. Por esse motivo, alguns professores estão preferindo adaptá-los à realidade em que a escola está inserida, utilizando-o como material de apoio para realizar as atividades propostas aos seus alunos (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003; KRASILCHIK, 2004).

No ensino de Ciências, tem sido observado um grande desinteresse dos alunos durante as aulas, usualmente devido a não compreensão dos temas abordados e à falta de integração entre a teoria abordada em sala de aula e o cotidiano desses alunos. Especificamente, o ensino de Química no Ensino Fundamental tem levado muitos educadores à reflexão e à busca de novas metodologias a fim de facilitar o processo de ensino e aprendizagem, já que a maioria dos alunos que conclui essa etapa apresenta conhecimento pouco significativo dos conceitos químicos (BRAULIO e ALMEIDA,2013).

Para o ensino de Química no Ensino Fundamental, a introdução de atividades experimentais pode representar uma eficiente forma de investigação e contextualização pelos alunos, despertando seu interesse pela disciplina e permitindo-os relacionar teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais significativa ao invés da simples memorização dos conceitos. Desenvolver os conteúdos de Química de forma mais dinâmica, com realização de experimentos simples e próximos da realidade dos alunos, além de motivá-los, pode estimular seu raciocínio e desenvolvimento do pensamento científico e facilitar a compreensão dos conceitos abordados, permitindo-os iniciar o Ensino Médio com embasamento teórico e uma visão menos abstrata dessa disciplina. Por meio da experimentação, as aulas de Química podem se tornar mais atrativas, dinâmicas, instigantes e prazerosas, permitindo aos alunos um maior envolvimento com a disciplina(BRAULIO e ALMEIDA,2013).

Neste sentido, o presente trabalho tem como finalidade contribuir com o ensino da Química, especificamente no processo de ensino-aprendizagem dos alunos do 8ªserie/ 9°ano do ensino fundamental, através da abordagem teórica dos conceitos da ciência em questão, apresentando situações-problemas e desenvolvendo kits didáticos com materiais de baixo custo.

2 | OBJETIVO

Contribuir para o processo de ensino-apredigem de conteúdos de química como os temas tabela periódica, ácidos,bases e reações químicas no 9°ano do ensino fundamental por meio de recursos didáticos de baixo custo no formarto de kit.

3 | METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na Escola U.I. "Comecinho de Vida", da rede pública municipal do sistema de ensino do município de Anajatuba, Maranhão, Brasil. A Escola U.I. “Comecinho de Vida” faz parte dos percentuais de escolas da rede municipal da referida cidade que não possui laboratório. Dentre os conteúdos trabalhados no nono ano do ensino fundamental se privilegiou os sequintes conteúdos para a confeccção os kits didáticos: tabela periódica, ácidos, bases e reações químicas. Os referidos conteúdos escolhidos se deu devido os alunos de modo geral sempre demonstram dificuldades em compreende-los. Para a fabricação dos kits didáticos levou-se em prioridades materiais de baixo custo e/ou alternativos tais como: bolas de isopor de diferentes diâmetros, tintas,canetas hidrográficas,permanganato de potássio, água oxigenada,copo descartável,cola de isopor,garrafinhas de plástico e repolho roxo. É relevante ressaltar que na referida escola os kits seria primordial pois muito comtribiria para a ministração dos conteúdos da referida série em estudo. Se fez necessário ainda para melhor entendimento da pesquisa um questionário contendo quatro questões fechadas com os alunos do nono ano de formas online, através da plataforma Google Forms.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Escola U.I. “Comecinho de Vida”, ao longo dos três anos vem trabalhando o livro Projeto Araribá: Ciências. Este livro é uma obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna e a editora responsável foi Maíra Rosa Carnevalle. o livro possui no total 9 unidades, dentre essas, as 4 primeiras unidades são direcionadas aos assuntos de química. O importante focarmos que nessa seríe os conteúdos de química são visto pela primeira vez e isso pode comprometer o ensino-apredizagem quando esses conceitos não são bem discutindo corretamente ou não são visto com grande entusiasmos,pois pode comprometer os alunos na serie seguintes que no caso o ensino médio.

4.1 Confecção dos Kits Didáticos

Para a confecção dos kits dos conteúdos selecionados foram Utilizados materiais de baixo custo. Na Figura 1 pode-se observar como foi fabricado a tabela periódica feito em forma de cubos, e em cada lado do cubo foi adicionado informação sobre o elemento, como mostra a figura 1 (A, B, C e D).

Com relação ao estudo da tabela periódica o professor deve orientar a turma a formar grupos e em seguida cada grupo deve explorar a tabela discutindo cada ponto relevante para melhor entendimento do assunto. Pois além das informações básicas que as tabelas trazem que são o número atômico, nome do elemento, distribuição eletrônica, símbolo e massa atômica, essa tabela traz como informação a mais a imagem de como o elemento é encontrado na natureza, exemplos onde o elemento é empregado, ano, quem e onde o elemento foi descoberto. E o professor pode ir montando junto com os alunos a tabela na medida que ele vai explicando cada Família da tabela periódica, tornando assim a aula mais dinâmica e participativa.

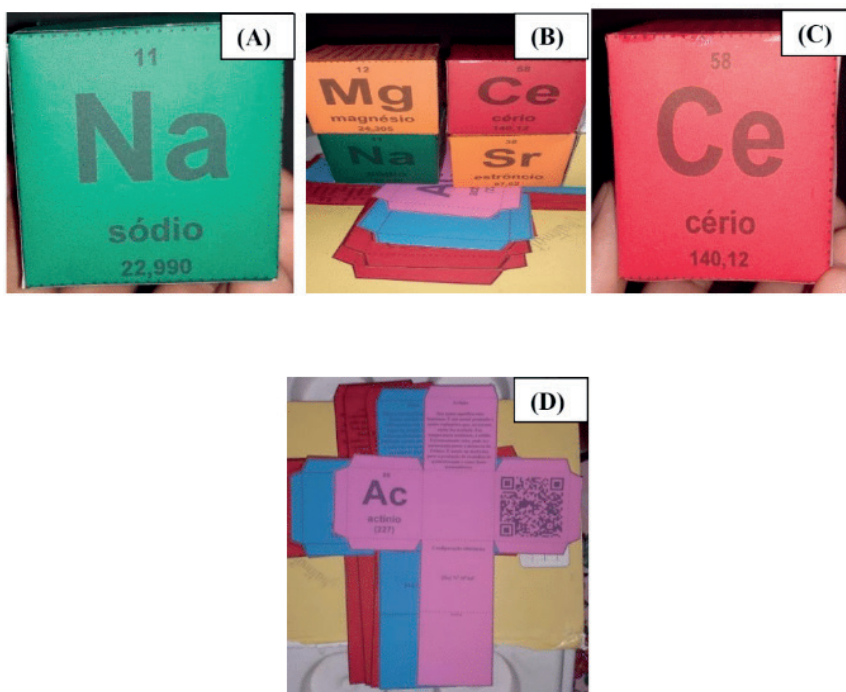



Figura1: Kit de Tabela Periódica

Fonte: Autor

Quanto ao assunto é reações químicas, temos vários exemplos que fazem parte do nosso dia a dia, tais como: a queima do gás no fogão, ferrugem em um metal, a queima do combustível em um veículo, o apodrecimento de frutas e alimentos, etc. O kit da figura 2 é muito interessante porque pode-se realizar dois tipos de reações usando os mesmos materiais, tornando a aula muito mais dinâmica, curiosa e investigadora.

Figura 2: Kit de reações químicas

Fonte: Autor

A figura 3 mostra o kit que diz respeito ao conteúdo de ácidos e bases onde o professor pode pedir que os alunos tragam produtos de higiene que eles tenham em casa para que eles possam se identificar cada produto em ácido ou bases. E o professor pode ainda brincar com a turma para saber quem são bons ou maus investigadores fazendo uma correlação com o que diz no rotulo dos produtos e a verificação feita em sala.

Figura 3: Kit de ácidos e bases

Fonte: Autor

Frequentemente, ao trabalhar os conteúdos, os educadores deparam-se com frágeis instrumentos de trabalho, o que pode gerar dependência ao uso do livro didático. Krasilchik (2004, p. 184), assume postura crítica diante desta situação: O docente, por falta de autoconfiança, de preparo, ou por comodismo, restringe-se a apresentar aos alunos, com o mínimo de modificações, o material previamente elaborado por autores que são aceitos como autoridades. Apoiado em material planejado por outros e produzido industrialmente, o professor abre mão de sua autonomia e liberdade, tornando-se simplesmente um técnico. Portanto o uso de kits didáticos além de proporcionar aumento de riqueza nas aulas tornando-as dinâmicas, contribui para o engrandecimento da auto estima pois estimula ao alunado a acreditar na sua capacidade de que com simples material de baixo custo pode tornar uma superinteressante.

4.2 Aplicação do Questionário com os Alunos

Com a ferramenta do Google Forms foi possível aplicar o questionário com 33 alunos do Nono Ano. O questionário contém quatro perguntas fechadas e para preservar a identidade dos alunos não foi pedido que eles se identificassem. Não foi possível aplicar o questionário com todos os alunos porque infelizmente muitos ainda não tem acesso à internet.

De acordo com a pesquisa estimou-se com muita clareza que 84,8% os alunos acham de modo geral o conteúdo de Ciências de fácil compreensão enquanto apenas 15,2% desperta uma certas dificuldades. A esse fato pode-se relacionar o percentual de 84,8% coerente devido o livro de ciências ser extenso e faz com que alguns dos conteúdos sejam trabalhados de forma superficial (MILARÉ e PINHO-ALVES, 2010).

Na escola U.I.” Comecinho de Vida”, os alunos entorno de 88,0% afirmaram que os professores não tem costumem de fazer experimentos durante as aulas de ciências enquanto que 12,1 % apenas alguns professores fazem experimentos.

Segundo Souza (2013), com auxílio das atividades experimentais, a aprendizagem dos conteúdos de ciências pode relacionar-se às ações que os alunos realizam diretamente sobre os objetivos, os materiais e os seres vivos, procurando caracterizá-los ou buscando perceber suas transformações.

Com o uso de experimentos as aulas podem tornar-se diferenciadas e atraentes, dando a elas um processo mais dinâmico e prazeroso. A utilização de experimentos e a observação direta de objetos e fenômenos naturais são indispensáveis para a formação científica em todos os níveis de ensino.

Outro fato interresante é que apesar dos professores não terem o costume de fazer experimentos, ainda assim, os alunos classificam as aulas como dinâmica num percentual de 63,6% enquanto 24,2% acham as aulas cansativas e 12,1% acham as aulas chata. O percentual maior vem sustentar a discursão segundo Hennig (1998), que o professor de ciências deve desempenhar suas funções com eficiência, procurando caracterizar de

maneira clara e tão objetiva quanto possível as qualidades que deve possuir, devem ser capazes de usar a metodologia que lhe permita orientar a aprendizagem de tal modo que os objetivos do ensino de ciências sejam atingidos.

Observou-se a unaminidade dos alunos (100%) ao afirmarem que gostariam que nas aulas de ciências tivesse experimentos. Esse percentual vem confirmar a discussão do trabalho de Santos(2014), onde ressalta que a prática ligada à teoria faz muita diferença para uma aula contextualizada, onde os alunos conseguem visualizar a importância dos conteúdos abordados no ensino de Ciências, além de proporcionar aos mesmos maior clareza para que possam realmente interpretar ou seja fazer parte do estudo em questão.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente que o alunado da Escola U.I. "Comecinho de Vida", preferem aulas experimentais, pois, as aulas ficam mais interessante e dinâmicas. E as práticas experimentais são fundamentais aos conteúdos abordados, fazendo com que os alunos possam relacioná-los com situações vivenciadas em seu cotidiano. Acredita-se ainda que o uso da experimentação nas aulas de ciências auxilia no desenvolvimento dos conceitos científicos, melhorando a compreensão dos mesmos e aproximando a teoria do cotidiano dos alunos, tornando a aprendizagem mais significativa.

REFERÊNCIAS

BRAULIO, Ana Marilsa; ALMEIDA, Fernanda Losi Alves de. Introdução do Ensino de Química no 9º ano por Meio Atividade Experimentais. Versão On-line ISBN 978-85-8015-076-6 **Cadernos PDE** vol.1 2013

HENNIG, G.J. **Metodologia do Ensino de Ciências**. 3ª ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1998.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

MILARÉ, Tathiane; PINHO-ALVES, J. A Química disciplinar em ciências do 9º Ano. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 43-52, 2010.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções**.** **Ciência & Educação**. v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **InFor**. v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017.

SANTOS, Keila Pereira Dos. A importância de experimentos para ensinar ciências no ensino fundamental.2014. f.47. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeura,2014.

TAHA, Marli Spat. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. 2015.

SOUZA, Alessandra Cardosina de. A experimentação no ensino de ciências: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem. 2013.f .34.**Trabalho de Conclusão de Curso** (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeura,2013.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental: proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**. v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VASCONCELLOS, C. D. S. **Planejamento: plano de ensino: aprendizagem e projeto educativo**. 4.ed. São Paulo: Libertad, 1995.

CAPÍTULO 4

A LUDICIDADE DENTRO DO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 19/01/2021

Yasmim Lorena Nunes Barbosa
Instituto Federal do Maranhão
Açailândia - MA
http://lattes.cnpq.br/9505025997051708

RESUMO: O presente artigo evidencia a educação de forma lúdica como uma metodologia que o professor pode utilizar em sala de aula para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, almejando avaliar o potencial do mecanismo da atividade lúdica na melhoria da aprendizagem significativa dos alunos. A aplicação de um jogo lúdico somado ao ensino além da teoria traz atividades práticas para os alunos desenvolverem, permitindo ao professor mensurar o grau de assimilação do conteúdo trabalhado na disciplina. A metodologia da pesquisa é de cunho qualitativo por ser um levantamento bibliográfico sobre a ludicidade no ensino de ciências, em especial a Química.
PALAVRAS - CHAVE: Ludicidade. Ensino. Química. Aprendizagem.

GAMES IN TEACHING ORGANIC CHEMISTRY

ABSTRACT: This article presents education in a playful way as a methodology that the teacher can use in the classroom to improve the teaching-learning process, aiming to assess the potential of the mechanism of playful activity in improving students' meaningful learning. The application of a playful game added to teaching beyond theory brings practical activities for students to develop, allowing the teacher to measure the degree of assimilation of the content worked in the discipline. The research methodology is of a qualitative nature as it is a bibliographic survey on playfulness in science education, especially Chemistry.
KEYWORDS: Games. Teaching. Chemistry. Learning.

1 I INTRODUÇÃO

De acordo com o artigo 205 da Constituição Federal de 1988, ao educando é concedido o direito à educação para que ele seja formado de modo que venha a exercer a cidadania através da propagação de seus conhecimentos adquiridos no decorrer do seu processo de formação como um ser pensante e, com isso, concomitantemente, venha a ser preparado para o mercado de trabalho. Além disso, todos devem ter o acesso pleno ao conhecimento. No entanto, existem diversos fatores dentro da sociedade que afetam direta e indiretamente o aprendizado dos alunos na disciplina de Química e que impedem que a educação seja um processo realizado de forma síncrona com todos os alunos. Por um lado, vê-se que os alunos possuem uma barreira com a disciplina, considerando-a como pouco interessante ou um "bicho de sete cabeças"

(MORTIMER; MACHADO, 2013, pg. 17). Do outro lado, tem-se que a problemática na transmissão dos conhecimentos e no uso dos conteúdos fragmentados, além do uso excessivo da memorização de informações, fórmulas e saberes práticos, prejudicam o processo de ensino-aprendizagem por seguir uma monotonia que é repetitiva na grande maioria das disciplinas que compõem a grade curricular do discente.

Esses fatores têm causado um déficit muito grande na aprendizagem dos alunos, principalmente aos oriundos das escolas públicas que, muitas vezes, adentram ao Ensino Superior com dificuldades quando abordados conteúdos científicos relacionados à disciplina de Química (SANTOS; SILVA; ANDRADE, 2013). Porém, é preciso uma atenção especial no processo de ensino e aprendizagem, cujas propostas de melhorias almejam o planejamento e diversificação na exposição do conteúdo durante a ministração de aulas dialogadas e práticas, onde o professor pode fazer o uso de metodologias que venham a auxiliar na exposição do conteúdo científico de forma didática, clara e concisa, de modo que facilite o entendimento dos alunos, além de permitir a interação durante a discussão dos assuntos trabalhados.

2 | OBJETIVOS

Evidenciar a melhoria no processo de ensino e aprendizagem dos alunos ao trabalhar a Química Orgânica utilizando uma atividade lúdica como ferramenta de ensino e instigar nos alunos a importância do estudo, mesclando conceitos importantes com momentos práticos ao realizar uma competição educativa sobre o tema, fazendo, desse modo, com que os alunos tenham uma percepção mais ampla sobre o assunto trabalhado, realizando a construção e o desenvolvimento das competências cognitivas, atitudinais e operacionais.

3 | METODOLOGIA

A pesquisa realizada é de cunho qualitativo tratando-se de um levantamento bibliográfico feito em livros e revistas acerca da prática lúdica aplicada à Química, analisando de que forma a Química Orgânica é ensinada no Ensino Médio. Em seguida, redigiu-se um relatório analisando o ensino da Química Orgânica no Ensino Médio com o auxílio da prática lúdica.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

É sabido que a falta de professores formados nas áreas de ciências se configura como um dos principais fatores que dificultam o processo de ensino dentro da sala de aula (FALEIRO; PIMENTA, 2018). Isso tende a desmotivar o aluno a querer continuar estudando, uma vez que é visto por ele que não há desafios a serem enfrentados pela falta de compreensão dos assuntos abordados, além de não serem instigados a descobrir

quais são as aplicações que a ciência tem no seu cotidiano. Uma aula simples sobre hidrocarbonetos, por exemplo, sem ser trabalhada de forma tangível, pode ser responsável futuramente pela reprovação de muitos alunos em diversos vestibulares que utilizam tais conhecimentos para contextualizar as questões apresentadas. Isso pode ser sanado em sala de aula durante a exposição do conteúdo, valendo-se também de métodos avaliativos que auxiliam o professor a mensurar o grau de aprendizagem dos alunos e como eles estão evoluindo dentro da disciplina.

Outro fator que também é amplamente discutido atualmente é que muitas escolas não possuem a infraestrutura apropriada para lecionar conteúdos e atividades práticas de ciências adequadamente. Isso causa um déficit muito grande no ensino, visto que a maioria dos alunos de escolas públicas adentram no Ensino Superior estagnados devido a essa dificuldade de abordar um determinado assunto de ciências em sala de aula (MARQUES; PELICIONI; PEREIRA, 2007). Para que esse processo de ensino-aprendizagem seja possível de acontecer com amplo aproveitamento de ambos os lados, tanto do aluno como do educador, o professor deve saber otimizar o seu tempo e expor o seu conteúdo de uma forma didática, clara e concisa para que haja esse entendimento pelos seus alunos, além de interagir de forma lúdica para discussão dos assuntos trabalhados (BRIGHENTI; BIAVATTI; SOUZA, 2015).

O conteúdo de Química Orgânica é muito extenso e complexo, e muitos professores priorizam abordar os compostos orgânicos de forma teórica (PINHEIRO; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2010). Porém, com a falta de laboratórios de ensino, não há como apresentar experimentos que ensinam os alunos sobre as reações orgânicas na prática. O assunto de polímeros quase nunca é abordado e a Química Verde também fica para segundo plano (MEC, 2002). Com essa perda de conhecimentos, os alunos ficam presos em apenas uma realidade que engloba ler o livro didático e presenciar as aulas ministradas. Contudo, devido à complexidade do assunto, eles não conseguem demonstrar o entendimento esperado por não atingir o rendimento objetivado da disciplina (PINHEIRO; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2010). Aplicar uma atividade lúdica é uma ótima ferramenta para desenvolver nos alunos a curiosidade da pesquisa pois, com a aplicação de um jogo lúdico, a turma envolve-se mais no processo de aprendizagem porque tem a oportunidade de buscar e expor seus conhecimentos (RAMOS; SANTOS; LABURÚ, 2017). Com a interação entre os grupos acontecendo de forma satisfatória, eles discutem entre si qual seria a resposta correta e, com essa interação, eles fixam melhor o conteúdo aprendido.

A educação por métodos lúdicos é fundamental para ser trabalhada em sala de aula porque, segundo Barreto (2008), é responsável por desenvolver “funções cognitivas e sociais, interioriza conhecimentos, mobiliza as relações funcionais, permite a interação com os seus semelhantes, contribui para a melhoria do ensino, qualificação e formação crítica do educando.”

Dessa forma, com o intuito de avaliar o potencial do mecanismo da atividade lúdica

na melhoria da aprendizagem significativa dos alunos, propõe-se a criação de um jogo lúdico que pode ser utilizado para alunos do Ensino Médio abordando de forma criativa o conteúdo de Química Orgânica: o jogo consiste em um jogo de tabuleiro, o qual será composto por um tabuleiro contendo a marcação de início, seguido de 24 casas enumeradas de 1 à 24 e uma marcação de fim; um dado; quatro pequenos cones de cores distintas; 24 cartas contendo, cada uma, uma questão objetiva com 5 alternativas de resposta. A turma deverá ser dividida em quatro equipes de modo que os alunos sejam distribuídos de forma aleatória e que cada equipe tenha preferencialmente o mesmo número de integrantes, o que dependerá da realidade de cada turma. Em seguida, deverá ser decidida por meio de sorteio a ordem em que cada equipe jogará o dado. A equipe da vez jogará o dado e deverá andar com o seu identificador o número de casas apresentado, sendo que, para permanecer na casa para onde andou, deverá pegar uma carta e responder corretamente à questão proposta em um tempo máximo de 2 minutos. Caso a resposta esteja errada, além de ter que voltar o número de casas andadas na rodada, a equipe seguinte terá a oportunidade de responder a mesma questão, e acertando, andará o número de casas descrito pelo dado da equipe anterior. O jogo acaba quando uma equipe chegar ao final do percurso. A recompensa pela vitória deverá ser determinada pelo professor que ministra a disciplina.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicabilidade de um jogo lúdico é uma ótima ferramenta para o professor utilizar em sala de aula para sair da monotonia de somente expor o conteúdo, uma vez que essa prática almeja quebrar tal monotonia e instigar a motivação nos alunos para que consigam aprender o conteúdo, visto que isso ocorre, na maioria das vezes, pelo fato de que muitos ainda não sabem quais aplicabilidades a ciência tem no cotidiano pelos motivos descritos ao longo deste artigo. Essa proposta metodológica almeja somar no ensino além da teoria, trazendo atividades práticas para os alunos desenvolverem, mesmo sem envolver experimentos de laboratório, realizando uma competição educativa sobre o tema de forma interdisciplinar e contextualizada.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Neide Regina Usso. **Livro didático público e o uso de “passatempos” nas aulas de química.** Cadernos PDE. São Paulo: Scipione. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília - DF. MEC, 2002.

BRIGHENTI, Josiane; BIAVATTI, Vania Tanira; SOUZA, Taciana Rodrigues de. Metodologias de ensino-aprendizagem: uma abordagem sob a percepção dos alunos**. *Revista GUAL***, v. 8, n. 3, p. 281-304. Florianópolis, set. 2015.

FALEIRO, Wender; PIMENTA, Márcia Rodriny. Pontos e contra pontos na atuação de professores leigos em ciências da natureza em urutai-go. ***Revista Eletrônica de Ciências da Educação***, v. 17, n. 1, 2018.

MARQUES, Elias P; PELICIONI, Maria C F; PEREIRA, Isabel M T B. Educação Pública: falta de prioridade do poder público ou desinteresse da sociedade? ***Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano***, v. 17, n. 3. São Paulo, dez. 2007.

MORTIMER, E. F; MACHADO, A. H. **Química.** São Paulo: Scipione, 2013.

PINHEIRO, Antonio Narcisio; MEDEIROS, Ethanielda de Lima; OLIVEIRA, Alcineia Conceição Oliveira. Estudos de casos na formação de professores de Química. ***Revista Química Nova***, v. 33, n. 9. São Paulo, 2010.

RAMOS, Elaine da Silva. SANTOS, Fernanda Alves Campolin dos. LABURÚ, Carlos Eduardo. O uso da ludicidade como ferramenta para o Ensino de Química Orgânica: o que pensam os alunos. ***Rev. ACTIO: Docência em Ciências.*** Vol 2, n. 2, p. 119-136. ISSN:2525-8913. Curitiba, Jul/set. 2017.

SANTOS, A. O; SILVA, R. P; ANDRADE, D; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). ***Rev. Scientia Plena*,** vol.9 nº 7, 2013.

CAPÍTULO 5

USO DO SOTWARE *CHEMSKETCH* PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MOLECULARES E SUAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO NO ENSINO SOB A PERSPECTIVA CTS/CTSA

Data de aceite: 01/03/2021

Denise Vieira Miranda
Mestrado Profissional em Educação em Ensino de Ciências e
Matemática – Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (IFES)
Vitoria – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/6540737170536262

Mariana Amorim Costa
Mestrado Profissional em Educação em Ensino de Ciências e
Matemática – nstituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (IFES)
Vitoria – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/5687377432913900

Rayane Julio da Silva Scarpati
Mestrado Profissional em Educação em Ensino de Ciências e
Matemática – Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (IFES)
Vitoria – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/6822168989169654

Vitor de Araújo Freitas
Mestrado Profissional em Educação em Ensino de Ciências e
Matemática – Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (IFES)
Vitoria – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/5398276808012966

Vilma Reis Terra
Mestrado Profissional em Educação em Ensino de Ciências e
Matemática – Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (IFES)
Vitoria – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/1219341598549889

RESUMO: O ensino das Ciências Naturais podem englobar atividades experimentais e, dessa forma, possibilitar que as abordagens sejam realizadas de maneira diversificada. Tal fato torna-se relevante posto que a abordagem dada a um determinado conteúdo pode influenciar diretamente na maneira como os discentes se envolverão com a atividade. Alguns recursos educacionais podem ser implementados no ensino, como a inclusão de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Em se tratando do ensino de química, o *ChemSketch* consiste em uma TIC que permite desenhar estruturas químicas, obtendo a partir de tal desenho as principais propriedades moleculares, facilitando a visualização de tais estruturas por parte dos alunos e, por sua vez, sua compreensão. O presente trabalho, desenvolvido por docentes mestrandos na disciplina de “Debates conceituais em Ciências I” do mestrado profissional em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – EDUCIMAT/IFES, trata-se de um relato de experiência ocorrida durante a disciplina e objetivou apresentar o uso do referido software com um caráter avaliativo, mostrando seus aspectos funcionais e como é possível utilizá-lo como recurso didático de apoio na sala de aula utilizando a abordagem CTS/CTSA. Através da pesquisa em questão, ainda foi possível discutir as potencialidades do uso do aplicativo para representação molecular do tetrahidrocanabidiol

como tema gerador de uma sequência didática inter e transdisciplinar.
PALAVRAS - CHAVE: Ensino; representações moleculates; TIC; CST/CTSA

USE OF THE SOFTWARE *CHEMSKETCH* FOR THE CONSTRUCTION OF MOLECULAR MODELS AND ITS POSSIBILITIES OF APPLICATION IN THE TEACHING FIELD THROUGH A STS / STSE PERSPECTIVE

ABSTRACT: The teaching process can be developed with the use of experimental activities, what approaches to be carried out in different ways. This becomes relevant due to the fact that the approach given to a content can directly influence the way the students will be involved with the activity. Some educational resources can be implemented in the teaching process, such as the inclusion of Information and Communication Technologies (ICT). Concerning to the study of Chemistry, the software *ChemSketch* consists of an ICT that allows drawing chemical structures, obtaining from this drawing the main molecular properties, simplifying the visualization of such structures by the students and, in turn, their understanding. The present paper, developed by master's students in the discipline of "Conceptual Debates in Science I" of the professional master's degree in Science and Mathematics Education at the Federal Institute of Technological Education of Espírito Santo - EDUCIMAT / IFES, is an experience report that aimed to present the use of the software *Chemsketch* with an evaluative character, showing its functional aspects and how it is possible to use it as a didactic support resource in the classroom using the STS / STSE approach. Through the research in question, it was also possible to discuss the potential of using the application for molecular representation of tetrahydrocannabidiol as a theme that generates an inter and transdisciplinary didactic sequence.
KEYWORDS: Teaching; molecular representations; ICT; STS / STSE

O ENSINO DAS CIÊNCIAS E A PERSPECTIVA CTS/CTSA

É sabido que a educação é essencial tanto para a inclusão do homem quanto para sua compreensão de si mesmo e posicionamento diante do mundo no qual vive. Contudo, pode-se constatar que, por vezes, os conhecimentos científicos não são facilmente compreendidos pelos alunos, devido a uma abordagem de tais temas de uma maneira prioritariamente teórica e desvinculada da realidade cotidiana dos alunos. Dessa maneira, torna-se imperiosa a necessidade pela busca por uma ressignificação da abordagem dos temas relacionados a saúde pública no âmbito escolar, adotando-se, assim, uma perspectiva que notabilize o papel social e ambiental atrelado à questão.

Auler (2003) destaca que há uma pungência de uma reestruturação na forma de se ensinar Ciências, em prol de se estabelecer uma forma de desenvolvimento do saber científico que transcenda a simples memorização. Afirmações de Chassot (2003) também revelam tal ideia, destacando que com o agravamento dos problemas socioambientais, tornou-se improtelável a reflexão crítica da relação existente entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

A perspectiva CTS/CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente) propõe-se uma abordagem de contextualização no ensino de ciências em uma perspectiva crítica, conforme destaca Dos Santos (2008) em seu trabalho. Assim, uma atuação baseada no enfoque CTS/CTSA requer a atuação direta dos discentes na construção do próprio saber a partir da liberdade de explorar por ele mesmo a fim de responder, tomar decisões a respeito de possíveis problemas ligados à Ciência de maneira geral, sendo o docente um mediador do processo.

O USO DO SOFTWARE *CHEMSKETCH* PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA CTS/CTSA

Apesar de grandes inovações tecnológicas e pedagógicas observadas na atualidade, em especial no que concerne às chamadas metodologias ativas de ensino e aprendizado, grande parte dos docentes detêm-se no uso de métodos tradicionais de ensino em grande parte de suas práticas educativas. Destaca-se também, neste contexto, a precariedade de recursos e infraestrutura por vezes observada nas escolas, inviabilizando a realização de práticas experimentais.

Um maneira eficaz de se superar tal desafio e aproximar dos conceitos com o cotidiano do alunado é a inclusão das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no contexto da sala de aula. Para isso, o *ChemSketch* pode destacar-se como um software de elaboração de modelos moleculares gratuito, de fácil acesso e intuitivo desde seu o download até a construção das estruturas mais elaboradas.

Conforme ressaltado por Santos, (2004), dentre as funcionalidades do software *Chemsketch*, salienta-se a possibilidade de montar estruturas planas e otimizá-las para uma visualização tridimensional; manipular estruturas em 3D; nomear, de acordo com as regras da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC); acessar uma base de dados contendo estruturas prontas de diversas classes de compostos, vidrarias, sistemas e equipamentos; determinar dados estereoquímicos das estruturas desenhadas, bem como diversas propriedades dos compostos desenhados, tais como fórmula molecular, massa molar, densidade, tensão superficial, formas tautoméricas, índice de refração e volume molar; montar mecanismos de reações orgânicas; numerar carbonos em uma cadeia carbônica; consultar dados cromatográficos e espectroscópicos em bases de dados on-line e artigos.

O uso da ferramenta evidencia sua vantagem ao possibilitar que os alunos montem alguns esquemas e representações importantes para a compreensão de temas relacionados ao ensino das ciências naturais. A experiência com a manipulação de modelos, bem como uso de ferramentas para sua construção podem representar um importante fator no desenvolvimento das suas habilidades visuoespaciais, além de tornarem-se capazes de explorarem por eles mesmos os níveis representacionais abordados nas aulas e a partir

deles elaborarem respostas para diversas questões relacionadas à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

METODOLOGIA

A atividade, realizada durante a aula da disciplina “Debates conceituais em Ciências I”, do mestrado profissional em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – EDUCIMAT/IFES, iniciou-se com a instalação do Software *Chemsketch* nos celulares dos envolvidos na pesquisa.

Após a etapa da instalação e reconhecimento das funcionalidades gerais do software, demandou-se a escolha de um princípio ativo vegetal e o levantamento bibliográfico de seus principais usos, aplicações farmacológicas e estrutura química, para fins de embasar a elaboração de um mapa conceitual que explicite as possibilidades de abordagem da temática escolhida na sala de aula.

A seguir, realizou-se uma roda de conversa acerca das potencialidades do uso do aplicativo como ferramenta balizadora capaz de subsidiar a construção de sequências didáticas inter e transdisciplinares com enfoque CTS/CTSA, culminando na exploração do software e construção da representação do principio ativo vegetal escolhida.

RESULTADOS

A partir do endereço http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/, o software foi baixado e instalado em computadores, celulares e tablets dos participantes da pesquisa.

A interface observada ao inicializar o software pode ser visualizada na figura 1:

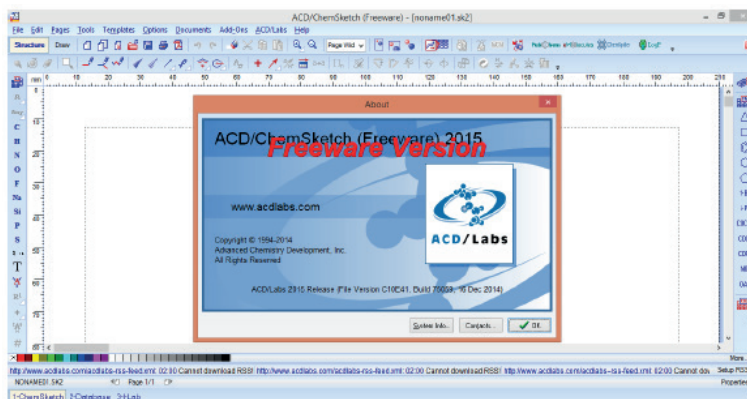



Figura 1: Interface do *ChemSketch.*

Fonte: SANTOS (2016)

Após a instalação do *Chemsketch* e reconhecimento de suas principais ferramentas, notou-se que trata-se de um software com versão gratuita unicamente disponível em inglês, o que pode configurar-se em uma limitação inicial de seu uso. Entretanto, por apresentar ícones com desenhos intuitivos, seu uso torna-se facilitado. Além disso, através do site da empresa desenvolvedora *Advanced Chemistry Development Inc* (www.acdlabs.com), pode-se encontrar manuais e vídeos de demonstrações de seu uso.

A seguir, realizou-se a escolha da trans-δ-9-tetrahidrocanabinol como molécula a ser representada a partir da exploração do software. O princípio ativo é obtido a partir da planta *Cannabis sativa L.*, planta herbácea natural extraída cultivada principalmente na Ásia Central (Índia e China) desde os tempos antigos (Russo et al., 2008).

Também conhecida como tetrahidrocanabinol (THC), a molécula selecionada é pivô de intensas discussões em seu entorno, dado o seu histórico de usos e também de proibições. Tais análises e discussões podem servir de palco para estudos diversos, tanto no âmbito social e econômico, quanto nos aspectos fisiológicos e químicos do emprego da molécula e, assim, enriquecer o ambiente da sala de aula.

A partir do levantamento bibliográfico acerca da temática, obteve-se diversas informações acerca da fisiologia e anatomia da planta *Cannabis sativa L.* e seus fitocanabinóides, que compartilham uma estrutura química semelhante (Hanus et al., 2016). Tais informações relevantes (as quais encontram-se apresentadas a seguir) puderam balizar análises de conteúdos para fins de desenvolvimento de abordagens trans e interdisciplinares do asunto em sala de aula.

Do ponto de vista químico, os fitocanabinóides têm uma estrutura lipídica que apresenta porções alquilresorcinol e monoterpeno em suas moléculas (Hanus et al., 2016; Hill et al., 2012).

Dos mais de 100 canabinóides identificados até o momento, o mais potente é o trans-Δ-9-tetra-hidrocanabinol (D9-THC), responsável principalmente pelos efeitos psicoativos (Whiting et al., 2015). As variedades botânicas modernas de *Cannabis sativa L.* usadas principalmente para a fabricação de redes de peixes (Savo et al., 2013), fios, cordas, têxteis e até papel têm uma baixa quantidade de D9-THC psicoativo (Tang et al., 2016). No entanto, o conteúdo de D9-THC na planta usada como medicamento é muito maior do que em *Cannabis sativa L.* cultivada para fibras (Hanus, 2009). Esta é a razão pela qual, atualmente, o cultivo e o uso de *Cannabis sativa L.* com alto conteúdo de D9-THC são ilegais / proibidos na maioria dos países e só é permitido para fins médicos e de pesquisa.

Com a escolha da molécula a ser representada, realizou-se a elaboração de seus modelos com uso do software. O *ChemSketch* apresenta basicamente dois modos de trabalho: modo “Structure” (estrutura) e o modo “Draw” (desenho). No modo “Draw”, o usuário do software pode montar a estrutura desejada através da inclusão de átomos de interesse sobre a interface, desenhando, em seguida, as ligações existentes entre eles. No modo “Structure”, por sua vez, a molécula pode ser construída através da inclusão de

estruturas pré-definidas, como anéis aromáticos e cadeias alifáticas.

A representação do THC construído utilizando a ferramenta "Draw" do software Chemsketch é apresentada na figura 2:

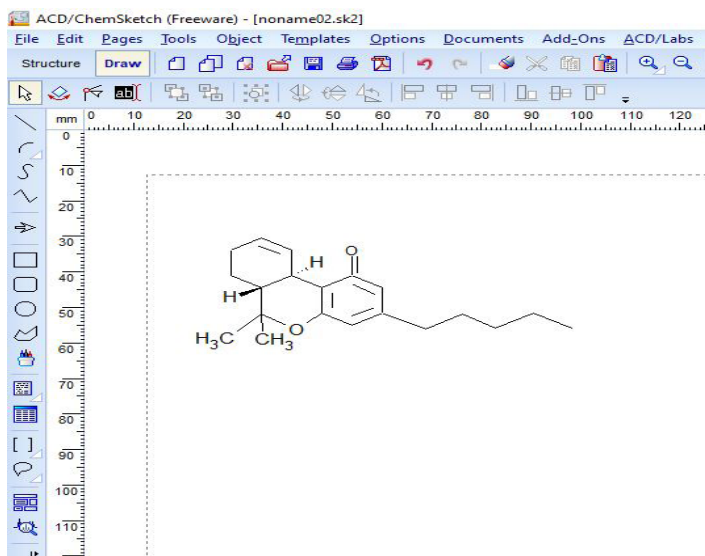



Figura 2: Fórmula molecular estrutural do THC.

Fonte: Autoria própria (2019).

Um outro modo de elaboração de modelos moleculares apresentado pelo software, por sua vez, consiste na geração de estrutura molecular a partir da fórmula estrutural escrita no formato de "International Chemical Identifier" (sigla: InChI; em português "identificador químico internacional"), que é um identificador textual elaborado e disponibilizado livremente pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) para substâncias químicas, com o objetivo de estabelecer uma maneira padrão de descrever informações de moléculas e facilitar sua pesquisa.

O InChI do THC é InChI=1S/C21H30O2/c1-5-6-7-8-15-12-18(22)20-16-11-14(2)9-10-17(16)21(3,4)23-19(20)13-15/h11-13,16-17,22H,5-10H2,1-4H3/t16-,17-/m1/s1.

De posse do InChI do THC e a partir do menu de ferramentas, "*Generate" e "Structure from* InChI", gerou-se a estrutura do THC utilizando os dados de InChI. A estrutura resultante da aplicação de tais fórmulas resultou na estrutura apresentada na imagem 3:

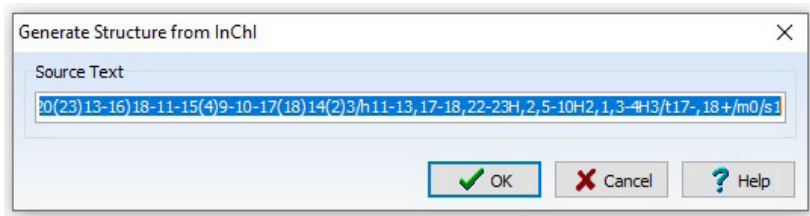



Figura 3: Ferramenta “Generate *Structure from* InChI”, na qual insere-se o InChI obtido a partir da base de dados da IUPAC para obtenção da representação molecular de interesse (no caso, o tetrahidrocanabidiol).

Fonte: Autoria própria (2019).

Após a realização da confecção da estrutura pelos dois métodos, foi possível visualizar a molécula em 3D, através do ACDD/3D Viewer, software acoplado ao *Chemsketch*:

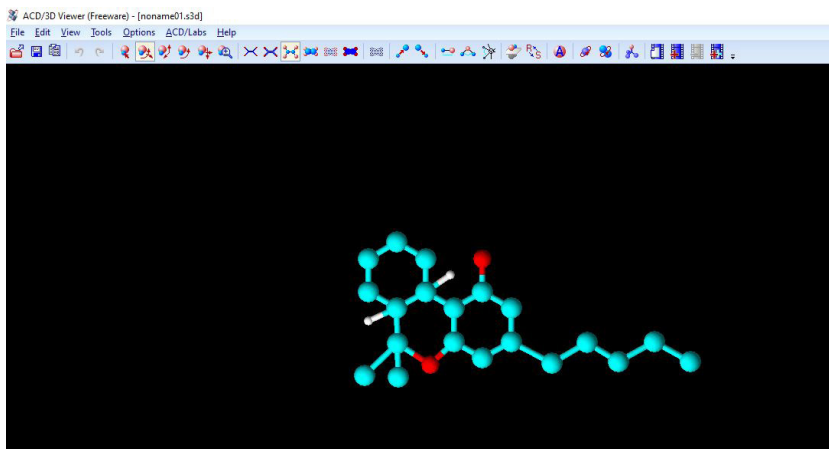



Figura 4: Fórmula molecular estrutural do THC EM 3D.

Fonte: Autoria própria (2019).

A imagem gerada pode ser observada em 3D após acionar o ícone “otimização 3D” e, em seguida, o “visualizador 3D (ACD/Viewer)”.

Ainda é possível modificar o plano de fundo da imagem gerada acionando o botão “set colors”. Após finalização da elaboração do modelo molecular, a imagem pode ser salva nos formatos .JPEG e .GIF.

Em adição, as discussões, levantamentos de informações e elaboração de modelos do tetrahidrocanabidiol ainda suscitaram considerações e reflexões acerca do uso do tetrahidrocanabidiol como tema gerador para inúmeras perspectivas em uma sala de

aula para além do uso das T. A temática relacionada ao uso do canabidiol pode encontrar espaço para elaboração e desenvolvimento de atividades sob diversas óticas e ênfases, corroborando a potencialidade do tema ser desenvolvido sob a perspectiva CTSA, conforme pode-se observar no mapa conceitual apresentado na figura 5:

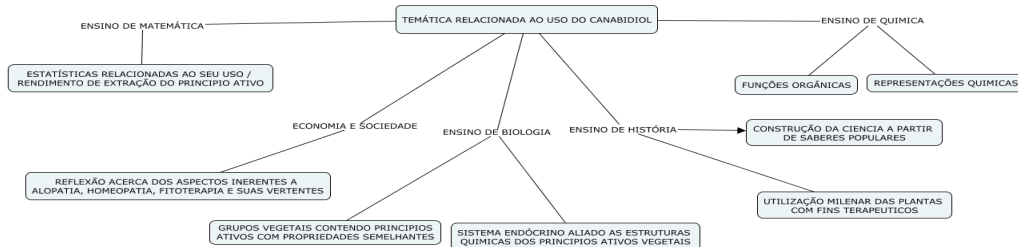



Figura 5: Mapa conceitual apresentando as potencialidades no uso da molécula do canabidiol como tema gerador em sala de aula.

Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

O ensino de Ciências Naturais, em especial, encontra resistência junto aos estudantes de forma geral, dada a sua complexidade e dificuldade de se desenvolver aulas transitando entre as esferas do micro e do macroscópico. Visando a superação, ainda que em partes, de tais dificuldades, o uso de modelos e ferramentas tecnológicas podem ser vir de apoio no desenvolvimento do ensino de Química. Assim, usando o software *ChemSketch*, pode-se representar as estruturas químicas de substâncias de interesse (no caso da pesquisa, o trans-Δ-9-tetra-hidrocanabinol).

Dentro das perspectivas apresentadas no corrente trabalho, pode-se considerar o software *ChemSketch* como uma TIC eficaz em suscitar o interesse dos docentes para a compreensão de aspectos químicos dos princípios ativos apresentados, aliando tal atividade a levantamentos bibliográficos para a discussão de aspectos econômicos, biológicos, históricos e sociais intrínsecos às moléculas pesquisadas, para fins de tornar nossos discentes capazes de adaptar seus entendimentos científicos e tecnológicos acerca da temática proposta.

REFERÊNCIAS

AULER, Décio. **Alfabetização científico-tecnológica: um novo" paradigma"?**. Ensaio pesquisa em educação em ciências, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2003.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.** Revista brasileira de educação, n. 22, p. 89-100, 2003.

DOS SANTOS, Wildson Luiz Pereira. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)**, v. 1, 2008

HANUŠ, Lumír Ondřej, MEYER, Stefan Martin, MUÑOZ, Eduardo, et al. **Phytocannabinoids: a unified critical inventory**. Natural product reports, 2016, vol. 33, no 12, p. 1357-1392.

HILL, Andrew J., WILLIAMS, Claire M., WHALLEY, Benjamin J., et al. **Phytocannabinoids as novel therapeutic agents in CNS disorders**. Pharmacology & therapeutics, 2012, vol. 133, no 1, p. 79-97.

PEREIRA, Jefferson Rodrigues et al. **Cannabis Sativa: Aspectos Relacionados ao Consumo de Maconha no Contexto Brasileiro.** RAHIS, v. 15, n. 1, 2018.

RIBEIRO, José António Curral. **A Cannabis e suas aplicações terapêuticas.** 2014. Tese de Doutorado.

RUSSO, Ethan B., JIANG, Hong-En, LI, Xiao, et al. **Phytochemical and genetic analyses of ancient cannabis from Central Asia.** Journal of experimental botany, 2008, vol. 59, no 15, p. 4171-4182.

SANTOS, Alcides Loureiro. **GUIA PRÁTICO DE UTILIZAÇÃO DO CHEMSKETCH.** 2004.

TANG, Kailei, STRUIK, P. C., YIN, X., et al. **Comparing hemp (Cannabis sativa L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments.** Industrial Crops and Products, 2016, vol. 87, p. 33-44.

WHITING, Penny F., WOLFF, Robert F., DESHPANDE, Sohan, et al. **Cannabinoids for medical use: a systematic review and meta-analysis**. Jama, 2015, vol. 313, no 24, p. 2456-2473.

CAPÍTULO 6

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: APRENDENDO A ANALISAR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 15/01/2021

Carlos Torquato de Lima Júnior
Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEE-DF), Brasília-DF
Professor de Educação Básica
http://lattes.cnpq.br/5390440030568210

RESUMO: Este trabalho relata o processo de desenvolvimento de um projeto interdisciplinar de educação ambiental em uma escola pública do Distrito Federal (DF) com uma turma de estudantes de 2º ano do ensino médio e a comunidade escolar na qual o Centro de Ensino Médio 01 do Riacho Fundo I está inserido. A coleta de amostras de água para a análise de parâmetros físico-químicos foi feita dentro do Parque Ecológico do Riacho Fundo. As informações e os dados foram produzidos a partir de quatro visitas de campo realizadas durante 2018. Apesar das limitações dos equipamentos utilizados os parâmetros analisados encontram-se dentro dos intervalos de valores adequados de acordo com a resolução do CONAMA (BRASIL, 2005). De modo geral, o projeto permitiu aos estudantes conhecer a realidade local, trabalhar em equipe, experimentar a metodologia científica e estudar conceitos científicos a partir de dados produzidos por eles próprios.

PALAVRAS - CHAVE: Educação Ambiental, Parâmetros físico-químicos da água, Educação química.

ENVIRONMENTAL EDUCATION: LEARNING TO ANALYZE PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER SAMPLES

ABSTRACT: This paper reports the development process of an interdisciplinary environmental education project in a public school in Distrito Federal (DF) with a class of high school students and the school community in which the Centro de Ensino Médio I of Riacho Fundo I (CEM 01 do RF I) is inserted. The collection of water samples for the analysis of physical-chemical parameters were done inside the Parque Ecológico do Riacho Fundo. The information and data were produced from four field visits performed in 2018. Despite the limitations of the equipment used, the parameters analyzed are within the appropriate value ranges according to the CONAMA resolution (BRASIL, 2005). In general, the project allowed students to get to know the local reality, work as a team, experiment with scientific methodology and study scientific concepts from data produced by themselves.

KEYWORDS: Environmental Education, Physical-chemical parameters of water, Chemistry education

1 I INTRODUÇÃO

Fórum Mundial da Água, seca recorde no Distrito Federal (DF), racionamento de água, nascentes secando, lagos e córregos poluídos. Todos esses assuntos tiveram destaque nas mídias no Distrito Federal (DF) a partir de 2016, quando passamos pela maior seca já

registrada na nossa região. Neste contexto, foi construído e desenvolvido um projeto de educação ambiental envolvendo professores, estudantes e parceiros da comunidade do Centro de Ensino Médio 01 do Riacho Fundo I, região administrativa do Distrito Federal. Na região está localizada uma das principais nascentes do Córrego Riacho Fundo, que, por sinal, foi a inspiração para o nome da cidade. A nascente chegou a secar e esse fato acabou contribuindo para a diminuição dos níveis de água do Lago Paranoá, lago artificial construído no centro da capital do País.

De acordo com Tristão e Tristão (2016) a educação ambiental é um campo de conhecimento e de práticas pedagógicas com o objetivo de compreender e oferecer respostas a um conjunto de problemas decorrentes das relações que envolvem a sociedade, a educação e o meio ambiente. Segundo a Lei 9795/99 e as Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (BRASIL, 2012), a educação ambiental deve ser trabalhada de forma articulada, integrada e continuada em todas as modalidades e níveis de ensino sem que seja necessário criar uma disciplina específica a respeito do tema. Dessa forma, por meio de um projeto de educação ambiental é possível desenvolver práticas pedagógicas diversificadas que atendam as determinações legais e motivem os estudantes a desempenharem papel ativo no processo de ensino-aprendizagem.

De modo geral, as ações de ensino-aprendizagem por meio de projetos envolvem:

> [...] propostas pedagógicas disciplinares ou interdisciplinares, com a orientação de um ou mais professores. Sua execução ocorre, geralmente, no contexto escolar e é composta de atividades a serem desempenhadas por um ou por um grupo de alunos. O desenvolvimento do projeto prevê uma interação entre professores e aprendizes de forma dinâmica e dialógica servindo para a resolução de um problema e/ou a construção de um objeto, equipamento, relatório, protótipo, enfim, um produto final concreto. Em termos de objetivos, o ensino através de projetos está alicerçado na criação de uma situação de aprendizagem que ofereça o desenvolvimento de competências e habilidades, na discussão de valores e na análise e interpretação de situações cotidianas, suscitando reflexões, preparo para a vida e a construção da aprendizagem. (BUSS e MACKEDANZ, 2017).

Segundo Lima Júnior et al (2019) um projeto interdisciplinar pode potencializar a integração de conceitos e saberes, quando diferentes componentes curriculares se unem para articular abordagens em torno do mesmo objeto de estudo, utilizando estratégias pedagógicas interdisciplinares. Ao longo do projeto podem ser utilizadas diferentes estratégias que motivem e envolvam os estudantes no processo de ensino-aprendizagem, entre elas estão as atividades de campo. Viveiros e Diniz (2009) defendem que as atividades de campo podem constituir uma excelente opção metodológica que permita ao professor explorar diversas possibilidades de aprendizagem, desde que bem planejadas e elaboradas.

2 | O PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O projeto foi desenvolvido em 2018 com a participação de uma turma de 28 estudantes do 2° ano do ensino médio com baixa distorção idade-série. Entretanto, a discussão de sua estrutura começou em 2017, ano em que o DF passou a fazer racionamento de água devido ao pior período de seca de sua história. No início do ano letivo de 2018, quando o Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola estava em construção, ficou decidido que a escola desenvolveria um projeto de educação ambiental com ações que envolveriam a comunidade escolar, com o intuito de pesquisar e estudar a qualidade das águas dentro do Parque Ecológico do Riacho Fundo, que fica a aproximadamente um quilômetro da escola. No PPP ficou definido que os objetivos do projeto seriam: abordar problemas locais; evidenciar os saberes dos estudantes; propiciar a interação entre os participantes; construir conhecimento a respeito do tema abordado.

O Riacho Fundo I é uma das 31 regiões administrativas do DF e está situada a aproximadamente 19 km em linha reta da Praça dos Três Poderes. Foi criada oficialmente em 1993 e tem população estimada em 42.691 (DISTRITO FEDERAL, 2018). O Parque Ecológico do Riacho Fundo compreende um espaço de aproximadamente 5 km^2 e está localizado em uma área de preservação ambiental (APA), nele há nascentes que deságuam no Córrego Riacho Fundo e grande diversidade de fauna e flora típicas do cerrado. Mesmo sendo um local com limites definidos para a adequada conservação dos recursos ambientais, há diversas invasões que persistem desde antes da criação do parque, o que se consolidou como um problema socioambiental da região.

Sob coordenação do professor de Química e apoio de professores de Biologia, Português e um estudante de Engenharia Florestal, morador da região e parceiro da escola, o projeto começou a sair do papel. A primeira ação da equipe foi visitar o parque ecológico, conversar com o administrador do local e apresentar o planejamento das atividades de campo, que seria, basicamente, visitar o local uma vez por mês para coletar e analisar amostras de água da região. Em seguida, foi realizada uma reunião com os participantes para esclarecer o planejamento do projeto e para solicitar a autorização aos pais para participação nas atividades externas à escola. A autorização se fazia necessária pois, além das visitas ao Parque para coleta e análise das amostras de água, seriam realizadas outras atividades educativas externas como: participação no 8° Fórum Mundial da Água, visita a um laboratório de ensino e pesquisa de uma faculdade e palestras com professores universitários. O nome do projeto foi decidido com a participação dos estudantes e ficou definido como “Posso beber água?” em alusão a uma das perguntas mais ouvidas pelos professores em sala de aula e também a qualidade das amostras de águas coletadas dentro do parque ecológico.

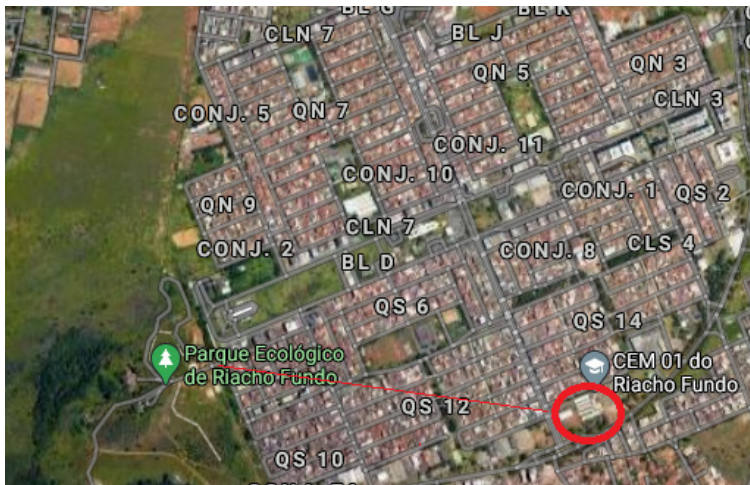



Figura 1: Distância de 1 km da Escola para a entrada do Parque Ecológico.

Fonte: Google Maps (com edição)

3 I A METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida durante o projeto tem como referência os trabalhos (Zuin, Ioriatti, Matheus, 2009; Silva et al 2008; Buss e Mackedanz, 2017; Guedes et al, 2017). Partindo do problema socioambiental, as etapas do projeto foram: mobilizar a comunidade escolar para criar um projeto para investigar a situação; propor ações interdisciplinares, construir hipóteses, selecionar os instrumentos de análise, produzir dados, analisar os dados, comunicar os resultados obtidos. O elo entre todas as etapas é o objetivo de construir conhecimento a respeito dos parâmetros físico-químicos da água, além de habilidades e valores, de forma contextualizada e significativa para os estudantes durante do projeto.

Na primeira visita ao parque foram demarcados três pontos de coletas de amostras de água (nascente, curso d'água e córrego). Cada ponto foi sinalizado com uma estaca contendo o nome do projeto. A demarcação foi feita com dois objetivos: mostrar para frequentadores da região que há um projeto ambiental em desenvolvimento e, também, para que as coletas das amostras de água fossem feitas sempre no mesmo local. Há diversos parâmetros físico-químicos que podem ser analisados em amostras de água, contudo, devido à falta de equipamentos e recursos, foram analisados de forma quantitativa apenas três parâmetros: temperatura (°C), potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (ppm).

Uma vez por mês, de maio a agosto de 2018, a equipe formada por professores, estudantes e voluntários da comunidade foi ao Parque coletar e analisar *in loco* amostras

de água. Para a análise foram utilizados: termômetro (Incoterm® 5003), teste de pH (JBL®), teste de oxigênio dissolvido (Labcon®). Todos estes itens foram comprados em lojas de aquários e peixes ornamentais. Não são os equipamentos ideais para análise, porém são suficientes para o projeto, já que apresentam custos acessíveis, facilidade de manuseio e propiciam resultados coerentes e imediatos.

Todo do processo de coleta de amostras e obtenção dos dados foi explicado e trabalhado em sala de aula de antes de o grupo ir para campo realizar a pesquisa. Os estudantes foram divididos em três equipes e a cada estudante foram designadas atribuições durante as visitas ao Parque Ecológico. Cada equipe ficou responsável pela análise de um dos parâmetros e as atribuições dentro das equipes eram: fotografar, coletar amostras, realizar o teste, ler e anotar os dados.

A temperatura da água foi medida no próprio local de amostragem, pela inserção do instrumento diretamente na água e leitura direta da escala interna do termômetro após a variação de temperatura estabilizar. O pH foi determinado adicionando água ao frasco transparente de plástico, gotejando o reagente e comparando a cor obtida com a paleta de cores disponibilizada pelo teste. Já o oxigênio dissolvido foi medido adicionando água ao frasco transparente e adicionando os reagentes conforme a indicação do manual do teste, em seguida o frasco ficou exposto a luz solar por cinco minutos. A concentração de oxigênio (O_2) em partes por milhão (ppm) foi auferida por meio da comparação da tonalidade de cor obtida com a escala de cores apresentada no teste. Durante todo o processo foram tomados os cuidados possíveis para evitar erros técnicos como contaminação das amostras e excesso de reagentes.

Figura 2 : Demarcando os pontos de coleta das amostras.

Fonte: arquivo do projeto

Figura 3 : Localização dos três pontos de coleta.

Fonte: Google Maps (com edição)

Figura 4: O 1º ponto de coleta é uma das nascentes do Riacho Fundo, que, por sinal, havia secado em 2017.

Fonte: arquivo do projeto

Figura 5: O 2º ponto é um curso de água que deságua no Córrego Riacho Fundo.

Fonte: arquivo do projeto

Figura 6: O 3º ponto de coleta foi diretamente no Córrego Riacho Fundo.

Fonte: arquivo do projeto

4 I OS DADOS

As amostras foram coletadas e analisadas em quatro momentos: maio, junho, julho e agosto de 2018. Os parâmetros analisados das amostras estão apresentados na tabela.

NASCENTE			
Amostra e data	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (ppm)
1 - Maio	22	7,0	7,5
2 - Junho	21	7,0	7,5
3 – Julho	22	7,2	7,5
4 - Agosto	23	7,1	8,0
CURSO DE ÁGUA			
Amostra e data	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (ppm)
1 - Maio	18	6,8	11
2 - Junho	17	6,6	11
3 – Julho	17	6,2	11
4 - Agosto	19	6,5	11
CÓRREGO RIACHO FUNDO			
Amostra e data	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (ppm)
1 - Maio	18	5,9	11
2 - Junho	17	6,0	11
3 – Julho	17	6,0	11
4 - Agosto	19	6,1	11

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos das amostras

5 I A ANÁLISE DOS DADOS E HIPÓTESES

Os dados foram analisados, principalmente, durante as aulas Química, em que os conceitos de acidez, basicidade e solubilidade, tradicionalmente, são trabalhados. Por meio do projeto foi possível estudar conceitos científicos associados ao tema socioambiental, tanto nas aulas de Química e Biologia, quanto nas aulas Português. Como uma das estratégias de construção do conhecimento interdisciplinar, aos estudantes eram solicitadas produções de textos em aulas de Português e também nos momentos fora da escola como: nas palestras, na visita ao laboratório e nas interações durante as visitas ao parque ecológico.

Ao longo do processo, a partir da análise dos dados, três questionamentos foram feitos: Por que há menos oxigênio dissolvido nas amostras de água oriundas da nascente do que do curso d'agua e do córrego? Por que o pH das amostras das três fontes eram

diferentes? Por que as temperaturas das amostras da nascente eram maiores que a temperatura das outras fontes? As respostas para essas perguntas foram conhecidas após trabalhos de pesquisas realizados pelos estudantes e também com a discussão em sala de aula.

Segundo Fiorucci e Benedetti Filho (2005) o oxigênio dissolvido nas águas, essencial para o processo de respiração de todas as formas de vida aeróbicas, é proveniente dos processos de dissolução/aeração das águas e do resultado do processo autotrófico. Além disso, pode ser afetado pela variação da temperatura, da salinidade e da pressão atmosférica sob a água. Dessa forma, a menor concentração de oxigênio dissolvido nas amostras provenientes da nascente se deve possivelmente a maior temperatura da água que diminui a solubilidade dos gases e a ausência de fotossíntese porque as águas subterrâneas não sofrem a incidência de luz essencial para o processo fotossintético.

A explicação para variação do pH das amostras se deve a origem das amostras. Conforme Almeida e Souza (2019) o pH da água depende tanto das características naturais do local de origem, quanto de fatores externos, além das substâncias dissolvidas que podem potencialmente influenciar sua composição e, por consequência, alterar o pH natural. Dessa forma, as temperaturas das amostras e substâncias dissolvidas em cada uma das fontes de coleta provocaram a diferença de pH.

De acordo com Almeida e Souza (2019) a variação de temperatura das amostras de água pode ser influenciada por fatores como: altitude e latitude; estação do ano; período do dia, além da própria profundidade do corpo d'agua e fluxo corrente. Ademais, segundo Campos e Almeida (2012), a temperatura das águas de fontes varia conforme a profundidade que ela infiltra no solo. Então como o único fator diferente entre as amostras de água analisada é que a água da nascente é de origem subterrânea, essa é a explicação para a temperatura das amostras da nascente ser maior do que das outras fontes.

Conforme a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005), as amostras de água do Parque Ecológico do Riacho Fundo analisadas estão dentro do padrão de qualidade estabelecido para Classe 1. Se os outros parâmetros físico-químicos e biológicos também estiverem dentro dos padrões estabelecidos, significa que as águas podem ser usadas para consumo humano, desde que haja desinfecção, recreação e proteção da vida aquática.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais desafios do processo educativo é envolver e motivar os estudantes no processo de construção do conhecimento. Por meio do projeto foi possível perceber a motivação e satisfação dos estudantes em aprender, experimentar, compartilhar experiências, desenvolver habilidades e promover valores. Dessa forma, desenvolver os conteúdos curriculares de forma articulada ao contexto socioambiental é um caminho para a transformação do processo educativo.

Assim como aconteceu em Zuin, Ioriatti, Matheus (2009), foi possível perceber que os estudantes compreenderam o significado dos parâmetros físico-químicos estudados. Principalmente quando mobilizaram os conceitos científicos apropriadamente ao compartilharem o projeto para o público em dois eventos: na Virada Cultura do Riacho Fundo e na 8ª edição do Circuito de Ciências das Escolas da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal.

Além da compreensão do conhecimento escolar, um grande mérito do projeto foi oportunizar aos estudantes a possibilidade de conhecer a realidade local; de vivenciar a metodologia científica; de discutir hipóteses; de produzir conhecimento. Os estudantes podem até esquecer os valores dos dados produzidos, porém, provavelmente, nunca esquecerão das experiências, das habilidades e valores desenvolvidos durante o processo vivenciado.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes que participaram do projeto, à gestão escolar, aos professores e aos parceiros da comunidade escolar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. R. F.; SOUZA, F. M. **Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA**. Revista Multidisciplinar de Psicologia. v.13, n. 43, p. 353-378, 2019.

BRASIL**. Lei n. 9795 - 27 de abril de 1999**. *Diário Oficial da União*. Dispõe sobre a educação ambiental. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 1999.

BRASIL. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.** *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BRASIL. **Resolução n. 2, de 15 de junho de 2012**, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. *Diário Oficial da União*. n. 116, Seção 1, págs. 70-71, 2012.

BUSS, C. S; MACKEDANZ, L. F. **O Ensino Através de Projetos como Metodologia Ativa de Ensino e de Aprendizagem.** Revista Thema**.** Vol. 14, n. 3, p. 122-131, 2017

CAMPOS, J. E. G. ALMEIDA, L. **Balanço térmico aplicado à recarga artificial dos aquíferos da região de Caldas Novas, estado de Goiás**. Revista Brasileira de Geociências, v.42, p.196-207, 2012. Supl. 1.

DISTRITO FEDERAL. **Projeções Populacionais para as Regiões Administrativas do Distrito Federal** - 2010-2020. Nota Metodológica. Brasília: dez. 2018.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos.** Química Nova na Escola. n. 22, nov. 2005.

GUEDES, J. D.; SOUZA, A. S.; SIDRIM, F. M. L.; LIMA, Q. F. O. **Pedagogia de Projetos: Uma Ferramenta para a Aprendizagem.** Revista Multidisciplinar de Psicologia. v.10, n. 33. jan. 2017. Supl. 2.

LIMA JÚNIOR, S.; ALMEIDA, D. A.; MENEZES, L. C. C.; GRECO, R. **O ambiente natural como recurso para promover um ensino interdisciplinar.** Química Nova na Escola. Vol. 41, n. 4, p. 369-376, nov. 2019.

SILVA, P.B.; BEZERRA, V.S.; GREGO, A. e SOUZA, L.H.A. **A pedagogia de projetos no ensino de química - o caminho das águas na região metropolitana do recife: dos mananciais ao reaproveitamento dos esgotos**. Química Nova na Escola, n. 29, p. 14-19, 2008.

TRISTAO, V. T. V.; TRISTAO, J. A. M. **A contribuição das ONGs para a educação ambiental: uma avaliação da percepção dos stakeholders.** Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 47-66, set. 2016.

VIVEIRO, A. A.; DINIZ, R.E.S. **As atividades de campo no ensino de ciências: reflexões a partir das perspectivas de um grupo de professores**. In: NARDI, R. Ensino de Ciências e Matemática, I: temas sobre a formação de professores. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S. MATHEUS, C. E. **O Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para avaliação da qualidade das águas naturais: uma proposta para educação química e Ambiental na perspectiva CTSA**. Química Nova na Escola. vol. 31 n. 1, fev. 2009.

CAPÍTULO 7

RELATO DE EXPERIÊNCIA DE UMA ABORDAGEM POR PROJETO: A QUÍMICA DO COMBATE À DENGUE – UMA ALTERNATIVA AO ALCANCE DE TODOS

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 04/01/2021

Lahis Tavares Crespo Barbosa
UENF-CEDERJ, Laboratório de Ciências Químicas
Externato Campista
Campos dos Goytacazes-RJ
http://lattes.cnpq.br/1111686364010354

Isis Leal Melo
UENF-CEDERJ, Laboratório de Ciências Químicas
Campos dos Goytacazes-RJ
http://lattes.cnpq.br/0537243672457157

RESUMO: Atualmente devido à intensificação e a facilidade de acesso à informação, observa-se também o aumento na busca por metodologias ativas em sala de aula, onde o aluno é protagonista e responsável pela construção do conhecimento, desenvolvendo para além de conteúdos científicos as habilidades socioemocinais. Neste sentido, a abordagem por projetos torna-se uma alternativa promissora, pois o ensino está centrado no aluno e a aprendizagem pode ocorrer de forma colaborativa e participativa, tendo, ainda, maior conexão com a realidade na qual está inserido. Assim sendo, este trabalho apresenta o relato de experiência sobre a aplicação de um projeto com a temática Dengue em uma feira de ciências, de maneira a propagar o conhecimento de algumas plantas como repelente natural, além de divulgar e conscientizar em espaços físicos que ultrapassam os limites da escola. O projeto desenvolvido com os alunos do 9° ano do Ensino Fundamental anos finais, em quatro etapas, após a escolha da temática: a primeira etapa foi a obtenção do material vegetal, a segunda a extração dos componentes da planta, a terceira e quarta a produção da loção repelente e das velas. Após a produção de todo o material, este foi exposto a comunidade escolar e visitantes, com a culminância da feira, trazendo a reflexão e a importância dos conhecimentos acerca da doença, aumentando a conscientização sobre as ações de prevenção, além de divulgar as propriedades de algumas plantas como repelente natural. Neste sentindo, foi possível perceber que a aceitação por parte dos alunos, comunidade escolar e visitantes foi bem satisfatória, evidenciando que trabalhar os conteúdos através da abordagem por projeto proporciona um cenário favorável para que a aprendizagem ocorra de forma eficaz e prazerosa.

PALAVRAS - CHAVE: Ensino de Química, Dengue, Abordagem por projeto.

EXPERIENCE REPORT OF A PROJECT APPROACH: CHEMISTRY OF COMBATING DENGUE - AN ALTERNATIVE TO EVERYONE’S REACH

ABSTRACT: Currently due to the intensification and easy access to information, there is also an increase in the search for active methodologies in the classroom, where the student is the protagonist and responsible for the construction of knowledge, developing in addition to scientific content the socio-emotional skills. In this sense, the project approach becomes a promising

alternative, as teaching is student-centered and learning can take place in a collaborative and participatory way, having even more connection with the reality in which it is inserted. Therefore, this work presents the experience report on the application of a project with the theme Dengue Fever in a Science fair, in order to spread the knowledge of some plants as a natural repellent, in addition to disseminating and raising awareness in physical spaces that exceed the school boundaries. The project developed with students from the 9th grade of elementary school in four stages, after the choice of the theme: the first stage was the obtaining of plant material, the second, the extraction of the plant components, the third and the fourth, production of repellent lotion and candles. After the production of all the material, it was exposed to the school community and visitors, with the culmination of the Science fair, bringing the reflection and the importance of knowledge about the disease, increasing awareness about prevention actions, in addition to publicizing the properties of some plants as a natural repellent. In this sense, it was possible to perceive that the acceptance by students, the school community and visitors was very satisfactory; showing that working with the contents through the project approach provides a favorable scenario for learning to occur effectively and pleasantly.
KEYWORDS: Chemistry Teaching, Dengue, Approach by project.

INTRODUÇÃO

Apesar da Química estar presente em nosso dia a dia, sabe-se que a maioria dos jovens tem aversão a esta área, fato este que pode estar relacionado à metodologia tradicional de ensino. Todavia, para a construção de uma aprendizagem significativa e que faça sentido para o aluno, é necessário que o professor disponha de diferentes técnicas (SANTA MARIA *et al*., 2002).

Neste sentido, abordagens por meio de projetos torna-se uma alternativa promissora, pois é um modelo de ensino focado no aluno, fazendo com que este se torne mais responsável na construção de seu conhecimento (SANTOS; GUIMARÃES, 2019).

Esta metodologia de aprendizagem faz com que o discente se envolva em tarefas a fim de resolver situação problema ou desenvolver um projeto que tenha uma ligação com sua vida cotidiana. Neste contexto, lidam com questões interdisciplinares, tomam decisão e trabalham em equipe. A abordagem por projeto, trabalha habilidades como: pensamento crítico, criativo e percepções das várias maneiras de se realizar uma tarefa, competências estas tidas como primordiais para o século XXI (MORAN, 2018).

Desta maneira, este tipo de abordagem busca no trabalho colaborativo a resolução de problemas extraídos da realidade de uma comunidade, de forma a resolvê-los.

Conforme Hernadez (1998), o desenvolvimento da aprendizagem por projeto envolve três fases: no primeiro momento, professor e aluno, por meio da problematização escolhe o tema como ponto de partida, o qual gera a curiosidade, dúvidas, questionamentos e a investigação. O segundo momento, é o desenvolvimento, em que são elaboradas as atividades a fim de buscar respostas ao problema inicial. E, o terceiro momento trata-se da

síntese, isto é, a organização do conhecimento elaborado.

Nesta mesma perspectiva Behrens (2001) traz o desenvolvimento, citado anteriormente, em fases com o foco na produção de conhecimento, como pode ser visto no esquema da figura 1.

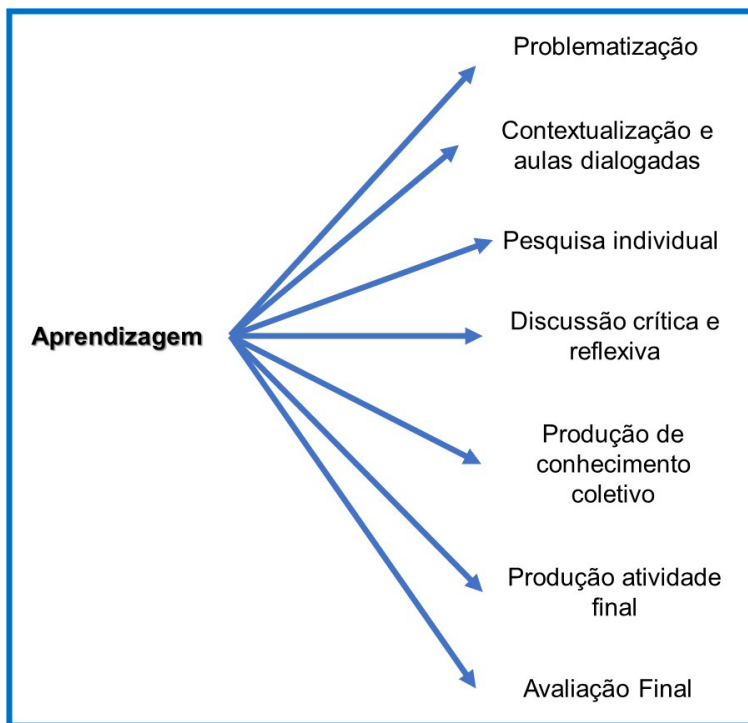



Figura 1: Fases do desenvolvimento da aprendizagem por projeto.

Fonte: Adaptado de BEHRENS; JOSÉ, 2001.

A primeira fase inicia-se com a apresentação do tema e a problematização, este momento, demanda preparo do docente para a elaboração de questões importantes para a proposta. Esta precisa ser colocada de maneira a estimular o aluno a se envolver no projeto (BEHERNS, 2001).

A etapa seguinte traz a contextualização da temática, com aulas expositivas dialogadas, em que o professor realiza a apresentação do tema, quais os conteúdos abordados, assim como os itens a serem pesquisados. No decorrer do processo os alunos são instigados a fazer a pesquisa individual e trazer para a sala de aula o material a fim de produzir uma discussão crítica e reflexiva, e a partir deste ponto o aluno produzir conhecimento coletivo (BEHERNS, 2001).

Dentro deste contexto, alunos e professor devem refletir na possibilidade de

aplicação de uma produção de atividade final, que pode ser desde um texto feito em sala de aula até um programa de conscientização da comunidade escolar.

A construção efetiva do conhecimento, para ter significado, necessita ter uma conexão com a realidade na qual o aluno está inserido. Sendo assim, a ideia de favorecer o desenvolvimento de estratégias de questionamento, interpretação e apresentação do processo, melhora a aquisição deste conhecimento por parte de alunos, docentes, de si mesmos e do mundo (BEHRENS, 2014).

Diante do exposto, este trabalho traz a temática Dengue em uma abordagem por projeto, visto que se trata de uma doença viral, transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, sendo considerada como um dos principais problemas de saúde pública no mundo (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008).

A população brasileira preocupa-se cada vez mais com a grande incidência de casos da dengue, que a cada ano se intensifica, principalmente no verão, exigindo práticas e cuidados redobrados no seu combate. Uma vez que, devido às condições favoráveis, tais como falta de saneamento básico, crescimento urbano desordenado e mudanças climáticas, o mundo moderno tem garantido a multiplicação do *A. aegypti* (SANTOS, 2003).

Observa-se maior incidência da doença em países tropicais em razão do clima quente e úmido, e por este motivo a dengue é considerada, também, uma doença tropical, já que as condições climáticas dessas regiões facilitam à proliferação do seu vetor transmissor (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008).

De acordo com o Ministério da Saúde a dengue trata-se de uma arbovirose, cujo agente etiológico é um vírus do gênero *Flavivírus* pertencente à família Flaviviridae, transmitida pela picada da fêmea do mosquito (BRASIL, 2010). Apesar de duas espécies de mosquitos, o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus,* poderem transmitir a dengue, no Brasil há registros de transmissão apenas pelo *A. aegypti*, uma vez que o *A. albopictus* não apresenta característica domiciliar (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008).

Cabe ressaltar que o *A. aegypti* é vetor de vírus causadores não somente da dengue, mas também da chikungunya e zika. A dengue e a chikungunya apresentam sintomas e sinais semelhantes, porém, a dengue se destaca pelas dores nos corpo, enquanto a chikungunya é caracterizada por dores e inchaço nas articulações. Já a zika, apresenta febre mais baixa, ou ausência de febre, manchas na pele e coceira no corpo (GUARDA *et. al.,* 2016).

O *A. aegypti* se desenvolve por meio de metamorfose completa passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. O controle populacional destes se dá através de ações realizadas principalmente nas fases larvais, pois é quando se encontra mais vulnerável, ou através da utilização de inseticidas sintéticos (GUARDA *et. al.,* 2016).

Porém, ultimamente já foram identificadas, no Brasil, populações de mosquitos resistentes à ação de inseticidas, o que se torna um dos principais obstáculos ao controle da dengue, pois a resistência aos inseticidas resulta no aumento da frequência de aplicação,

dosagens crescentes, rendimentos diminuídos, danos ambientais, além do alto custo envolvido em todo esse processo (GUARDA *et. al.,* 2016; SIMAS *et. al.,* 2004).

O desenvolvimento de estratégias inovadoras, inteligentes e de fácil aplicação é necessário já que o combate ao *A. aegypti* é o único meio para a prevenção da dengue, pois até o momento não existe vacina nem tratamento específico para a doença (CALIXTO; SIQUEIRA JR, 2008).

Neste sentido, observa-se que o controle do vetor, ainda, é a única maneira de evitar a doença. E, considerando que o Brasil possui a maior flora mundial - cerca de 20-22% -, com aproximadamente 50.000 espécies, estudos realizados com produtos naturais surgem com a perspectiva de identificação de substâncias com propriedades larvicida, e substâncias com ação repelente (CALIXTO; SIQUEIRA JR, 2008).

A utilização de produtos naturais como recurso terapêutico é tão antiga quanto à civilização humana, e é uma tendência generalizada na medicina popular brasileira. Esta tendência tem contribuído significativamente para que se cumpra o previsto na Constituição Federal, art. 225, no que diz respeito à manutenção de um ambiente ecologicamente equilibrado e uma sadia qualidade de vida (VIÉGAS JÚNIOR; BOLZANI; BARREIRO, 2006; VALÉRIO; DEFANI, s. a.).

Nesta perspectiva, como as plantas produzem metabólitos secundários, em respostas aos ataques patogênicos, que co-evoluem com os insetos e microrganismos, tornam-se fontes naturais de substâncias inseticidas e antimicrobianas. Por este motivo tem crescido a procura por extratos vegetais e substâncias naturais que sejam efetivas no combate ao mosquito adulto e/ou à larva de *A. aegypti*, uma vez que apresentam uma taxa de biodegradabilidade maior e são geralmente menos prejudiciais para a saúde humana e para o meio ambiente (GUARDA *et. al.,* 2016; SIMAS *et. al.,* 2004).

A planta aromática Citronela (*Cymbopogon nardus)* é um capim da família *Gramineae* (atualmente *Poaceae*), originária do Ceilão e da Índia, apresenta folhas inteiras, estreitas e longas que podem atingir até 1 metro. A citronela é considerada um repelente natural e ecológico, pois apresenta em suas folhas o óleo essencial rico em geraniol e citronelal que possui aroma característico que espanta os insetos. O seu óleo essencial também apresenta ação fungicida e bactericida, é utilizado como repelente aos insetos e ainda na fabricação de perfumes e cosméticos (CASTRO *et al*., 2007; BUENO; ANDRADE, 2010; CASTRO *et al*., 2010)

Outro meio para espantar os mosquitos é a utilização do Cravo-da-Índia

(Syzygium aromaticum), é uma planta arbórea, nativa das Ilhas Moluscas (Arquipélago da Insulíndia, Indonésia), possui odor fortemente aromático, sabor ardente e característico (SILVESTRI *et. al.,* 2010). Trata-se de uma flor ainda não aberta em botão que é utilizada seca, pertencente à família *Myrtaceae*, que, quando utilizado com limão, constitui um ótimo repelente para ser colocado em cima da mesa e em outros locais na

cozinha, por exemplo (SÁNCHEZ *et al.,* 2012).

Sendo assim, considerando a importância do espaço escolar para educar sobre o conhecimento e prevenção da doença e sobre os problemas locais que contribuem para a proliferação da dengue, o presente trabalho assume como objetivo apresentar o relato de experiência sobre a aplicação de um projeto com a temática Dengue numa feira de ciências com alunos do 9° ano do Ensino Fundamental Anos Finais do colégio Externato Campista, localizado no município de Campos dos Goytacazes. De forma, a propagar o conhecimento das propriedades de algumas plantas como repelente natural, além de um projeto de divulgação e conscientização que ultrapassa os limites físicos da escola alcançando a comunidade dos arredores.

METODOLOGIA

Conforme mencionado anteriormente, esse projeto foi desenvolvido em uma turma de 9º ano do colégio Externato Campista. A escola da rede particular de Ensino é bem conceituada na cidade de Campos dos Goytacazes, conhecida por sua tradição e pela base forte que proporciona aos seus estudantes. Esta, procura, sempre, desenvolver projetos e eventos que integrem escola, família e comunidade, por meio do desenvolvimento de atividades que venham ao encontro das necessidades e demandas da comunidade em que está inserida.

Desse modo, a professora da turma levou algumas temáticas para reflexão em sala de aula, para que os alunos escolhessem aquela que mais lhes agradavam para ser apresentada na feira de ciências da escola. Assim sendo, a temática dengue foi a escolhida pelos alunos, que acreditam ser um assunto que interessa aos moradores do entorno da escola, conciliando suas ideias com o que a escola se propõe, principalmente por se tratar de um problema real enfrentado por nossa sociedade.

Primeiramente, os alunos realizaram uma pesquisa bibliográfica acerca das propriedades de algumas plantas que podem ser utilizadas como repelentes naturais, bem como realizaram também estudos e pesquisas a respeito do desenvolvimento e proliferação do mosquito. As plantas utilizadas, neste trabalho, foram o capim Citronela (*Cymbopogon nardus)* e o Cravo-da-Índia *(Syzygium aromaticum)*.

O projeto seguiu em quatro etapas diferentes. A primeira etapa consistiu na obtenção do material vegetal, o qual foi comprado no mercado municipal da cidade – a Citronela (folhas secas e trituradas) e o Cravo-da-Índia (flor seca).

Na segunda etapa, ocorreu a extração dos componentes essenciais da planta, por meio da técnica de maceração, que consiste em deixar o material vegetal em contato com o líquido extrator (solvente orgânico) por um período prolongado (horas ou dias) sob agitação ocasional, como pode ser visualizado na figura 2, obtendo-se o que se chama de tintura, que foi utilizada, após a evaporação de parte do solvente, para a confecção da

loção repelente de Cravo-da-Índia e da vela de Citronela.

Figura 2: Obtenção da tintura para a produção da loção repelente e a vela através do processo de maceração.

Fonte: Próprio autor.

A terceira etapa consistiu na preparação da loção repelente, através da mistura da tintura de cravo-da-índia obtida na maceração com 100 mL de óleo de amêndoas ou óleo de coco. E, por fim, a quarta etapa foi a preparação das velas de citronela, através do derretimento da parafina e de giz de cera, como mostra a figura 3, que foram enformados juntamente com o pavio e a tintura de citronela em cascas de ovos e/ou forminhas variadas.

Figura 3: Derretimento da parafina e do giz de cera para confecção das velas de citronela.

Fonte: Próprio autor.

A partir das pesquisas realizadas, os alunos construíram panfletos informativos a respeito da dengue, seus sintomas, formas de contágio, medidas de prevenção para evitar a proliferação do mosquito, bem como os modos de preparo da loção repelente e da vela, que foram distribuídos no dia da feira de ciências enquanto a comunidade visitava o stand e ouvia toda a explicação dos alunos.

Para a validação do conhecimento adquirido por toda a comunidade escolar, durante a culminância do projeto, foi aplicado um questionário qualitativo a fim de verificar o entendimento e aceitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a Dengue é uma doença que se intensifica a cada ano, optou-se por utilizar essa temática, uma vez que se trata de um problema real enfrentado por nossa sociedade. Ao utilizar os conceitos químicos, com o intuito de desenvolver estratégias inovadoras para controle do vetor, foi possível produzir loção repelente natural a partir das essências extraídas, assim como as velas com ação repelente, que foram apresentados a comunidade escolar durante a visitação a feira de ciências, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4: Apresentação da produção da atividade final e avaliação.

Fonte: Próprio autor.

Durante o evento foram distribuídas aos visitantes as loções e velas repetentes, além de levar o conhecimento como uma alternativa de fácil aquisição para o combate à Dengue.

Como pôde-se constatar, de acordo com Behrens (2001), a etapa final de uma abordagem por projeto consiste nesta exposição dos conhecimentos adquiridos ao longo de todas as etapas anteriores, de modo a possibilitar a intervenção na realidade, com

ações individuais e coletivas entre os alunos e a comunidade escolar.

A avaliação da aprendizagem, por parte dos alunos, se deu em todas as etapas da abordagem (Figura 1), e por meio da aplicação do questionário com aspectos qualitativos pôde-se verificar que a iniciativa teve uma aceitação satisfatória, por parte dos visitantes e comunidade escolar.

Ao serem questionados sobre: "*Em sua opinião, o aprendizado é favorecido quando o professor aborda as aplicações dos conteúdos químicos, ou seja, relaciona estes ao cotidiano?*" todos responderam que sim, e quando perguntou-se: "*Você sabia que poderia produzir velas e/ou loção repelente em casa antes da explicação*?" a maior parte dos visitantes responderam que não, o que evidencia ainda mais a importância do projeto e da explicação desenvolvida pela turma.

Estas análises reforçam a importância da escolha do tema, na fase inicial da metodologia por projeto, momento este que aluno e professor fazem uma reflexão crítica da realidade a qual estão inseridos, tendo como ponto de partida a curiosidade, as dúvidas e as necessidades da comunidade externa, pois é intrínseco do próprio sujeito que aprende (FAGUNDES, 1992).

Foi possível notar o grande interesse e envolvimento dos alunos durante todas as etapas da realização do projeto, o que vai ao encontro do que é proposto pela Base Nacional Comum Curricular, uma vez que nos alunos foram desenvolvidas habilidades para além de conteúdos, como a criatividade, criticidade, colaboração e comunicação.

Ações dessa natureza podem fazer com que os alunos se sintam, de fato, detentores de um saber significativo, expressando, ainda, sua cidadania a serviço de uma comunidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle e combate a dengue, como pôde ser visto, não se limita ao individual, mas sim em um aspecto coletivo que envolva toda a comunidade. Desta forma, o trabalho de conscientização é de fundamental importância no combate desta doença.

Nesta perspectiva, percebeu-se que trabalhar os conteúdos em uma abordagem por projeto proporciona situações de aprendizagem nas quais os alunos participam ativamente na construção do conhecimento, tornando o processo educacional uma prática mais atrativa e dinâmica, promovendo, portanto, situações de aprendizagens mais significativas.

Pôde-se observar, também, por meio da avaliação dos questionários a aceitação e o quanto a comunidade escolar se envolveu no trabalho. Além, de detectar o quanto a escola possui o potencial não só de oportunizar o ensino de disciplinas acadêmicas, mas também de auxiliar na difusão de conhecimentos de cunho científico, integrando-os à sociedade e possibilitando seu uso mais consciente e sua criticidade.

REFERÊNCIAS

BEHRENS, Marilda Aparecida; JOSÉ, Eliane Mara Age. Aprendizagem por projeto e os contratos didáticos. **Revista Diálogo Educacional**, v. 2, n. 3, p. 77-96, 2001. Disponível em: https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/3511/3427. Acesso em: 23 mar. 2020.

BEHRENS, Marilda Aparecida. **Metodologia de projetos: aprender e ensinar para a produção do conhecimento numa visão complexa**. Coleção Arginho, 2014. Disponível em: https://www.agrinho.com.br/materialdoprofessor/metodologia-de-projetos-aprender-e-ensinar-para-producao-conhecimento-numa-visao-complexa. Acesso em: 23 mar. 2020

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. 8 ed. **Revista Brasília: Ministério da Saúde**, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_infecciosas_parasitaria_guia_bolso.pdf. Acesso em: 22 mar. 2020.

BUENO, V. S.; ANDRADE, C. F. S. Avaliação preliminar de óleos essenciais de plantas como repelentes para Aedes albopictus (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.12, n.2, p.215-219, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbpm/v12n2/v12n2a14.pdf. Acesso em: 23 mar. 2020.

CALIXTO, João B.; SIQUEIRA JR, Jarbas M. Desenvolvimento de medicamentos no Brasil: Desafios. **Gazeta Médica da Bahia**, v. 78, n. 1, p. 98-106, 2008. Disponível em: http://www.gmbahia.ufba.br/index.php/gmbahia/article/viewFile/269/260. Acesso em: 27 maio 2016.

CASTRO, H. G.; BARBOSA, L. C. A.; LEAL, T. C. A. B.; SOUZA, C. M.; NAZARENO, A. C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de Cymbopogon nardus (L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.9, n.4, p.55-61, 2007. Disponível em: https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo9_v9_n4.pdf. Acesso em: 23 mar. 2020.

CASTRO, Henrique Guilhon de; PERINI, Vilma Borges de Moura; SANTOS, Gil Rodrigues dos; LEAL, Tarcísio Castro Alves Barros. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de Cymbopogon nardus (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 308-314, 2010. Disponível em: http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/287/425. Acesso em: 23 mar. 2020.

FAGUNDES, Lea da Cruz. Educação à distância: uso de rede telemática com baixo custo. **Anais do Seminário Informática e Educação: os desafios do futuro**. Campinas: Unicamp, 1999.

GUARDA, Carin; LUTINSKI, Junir Antonio; ROMAN-JUNIOR, Walter Antônio; BUSATO, Maria Assunta. Atividade larvicida de produtos naturais e avaliação da susceptibilidade ao inseticida temefós no controle do Aedes aegypti (diptera: culicidae). **Interciência**, v. 41, n. 4, 2016. Disponível em: https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/243-comuBUSATO-41_45.pdf. Acesso em: 23 mar. 2020.

HERNANDEZ, F; VENTURA, M. **Transgressão e Mudança na Educação**. Porto Alegre, ArtMed, 1998.

MORAN, José. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**. *In*: BACICH, Lilian, MORAN, José. (Org). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. [recurso eletrônico]. – Porto Alegre: Penso, 2018.

SÁNCHEZ, Eroni Paula Paim; SOUSA, Kátia Marques; PRIETO, Maria Aline de Souza; MAIA, Sebastião Gabriel Chaves. Produção de mudas e repelentes naturais a base de citronela no combate e prevenção à dengue. **Cadernos de Agroecologia**, Mato Grosso do Sul, v. 7, n. 2, p 1-5, 2012. Disponível em: http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13141/8745. Acesso em: 27 maio 2016.

SANTA MARIA, Luiz Claudio de; AMORIM, Marcia C.; AGUIAR, Veiga Mônica R. Marques Palermo de; SANTOS, Zilma A. Mendonça; CASTRO, Paula Salgado C.B. Gomes de; BALTHAZAR, Renata G. Petróleo: um tema para o Ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**, n. 15, p. 19-23, maio 2002. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf. Acesso em: 27 maio 2016.

SANTOS, Dejanete dos; GUIMARÃES, Orliney Maciel. **Abordagem por projeto no Ensino de Química: um relato de experiência em uma escola pública de Antonina-PR**. [s. n.], 2019. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1762-8.pdf. Acesso em: 3 mar. 2020.

SANTOS, Solange Laurentino dos. **Avaliação das ações de controle da dengue: aspectos críticos e percepção da população**. 2003, Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães da Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2003. Disponível em: https://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2003santos-sl.pdf. Acesso em: 22 mar. 2020.

SILVA, Jesiel Souza; MARIANO, Zilda de Fátima; SCOPEL, Irací. A dengue no Brasil e as políticas de combate ao Aedes aegypti: da tentativa de erradicação ás políticas de controle. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 4, n. 6, 2008. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16906/9317. Acesso em: 22 mar. 2020.

SILVESTRI, Jandimara Doninelli Fior; PAROUL, Natalia; CZYEWSKI, Eliane; LERIN, Lindomar; ROTAVA, Ieda; CANSIAN, Rogério Luis; MOSSI, Altemir; TONIAZZO, Geciane; OLIVEIRA, Débora de; TREICHEL, Helen. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (Eugenia caryophyllata Thunb.). **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n5/a04v57n5.pdf. Acesso em: 23 mar. 2020.

SIMAS, Naomi Kato; LIMA, Elisangela da Costa; CONCEIÇÃO, Sheila da Rocha; KUSTER, Ricardo Machado; OLIVEIRA FILHO Alfredo Martins de. Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue - Atividade larvicida de Myroxylon balsamum (Óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. **Química Nova**, v. 27, n. 1, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v27n1/18807.pdf. Acesso em: 23 mar. 2020.

VALÉRIO, E. A.; DEFANI, M. A. **Citronela uma planta eficaz no combate à dengue**. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2102-8.pdf. Acesso em: 27 maio 2016.

VIEGAS JÚNIOR, Cláudio; BOLZANI, Vanderlan da Silva.; BARREIRO, Eliezer J. Os Produtos Naturais e a Química Medicinal Moderna. **Química Nova**, v. 29, p. 326-337, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/qn/v29n2/28453.pdf. Acesso em: 27 maio 2016.

CAPÍTULO 8

QUÍMICA E O UNIVERSO A NOSSA VOLTA

Data de aceite: 01/03/2021

Ricardo Francischetti Jacob
Etec Trajano Camargo, Limeira – SP
Colégio Acadêmico – COC, Limeira – SP
ISCA Faculdades, Limeira – SP

Sérgio Delbianco Filho
Etec Trajano Camargo, Limeira – SP

RESUMO: As Ciências Naturais, hoje chamadas de Ciências da Terra e Suas Tecnologias, sempre foram tratadas pela comunidade estudantil como um desafio quase intransponível, somente os gênios conseguiam travar duras batalhas e vencê-las. Voltando um pouco no tempo, os desenhos animados ou seriados de televisão sempre que mostravam um personagem que porventura fosse um cientista, esse normalmente era descabelado e invariavelmente estava tentando explodir alguma coisa ou fazendo algum tipo de maldade. A criança ao entrar na escola é como uma pedra bruta e precisa ser lapidada. A Matemática e as chamadas Ciências Físicas e Biológicas fazem parte do conhecimento da criança, porém, no quesito matemática, fazer contas, é considerado muito difícil, além de que em um sistema de progressão continuada, saber ou não saber parece que pouco importa, dados do PISA comprovam esse fenômeno. Associado a esse sistema social viciado, mídia/escola, e com uma série de informações irrelevantes, a criança vai crescendo, tornando-se adolescente, sem ter a percepção de que seu dia a dia é envolto pelas Ciências, que a muito deixou de ser simplesmente ciências naturais e tornou-se também tecnologia. No tocante a Química, que apresenta uma linguagem própria, com símbolos, fórmulas, equações de reações e ferramentas matemáticas, este adolescente vê-se imerso a instalação do caos, pois na base do processo de ensino/aprendizagem por ele vivido, não foi preparado para essa complexidade. Com o objetivo de mostrar que as Ciências da Terra, em especial, que a Química não é algo impossível, os estudantes do 1º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio foram conduzidos a realizarem palestras e oficinas com crianças do Ensino Infantil e dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Os resultados foram surpreendentes, os estudantes puderam conhecer diferentes realidades, além de se deslumbrarem com tanta curiosidade despertada por aquelas crianças.
PALAVRAS - CHAVE: Ciências da Terra; Química; comunidade; oficinas e palestras; informações da mídia.

ABSTRACT: The Natural Sciences, today called Earth Sciences and Their Technologies, have always been treated by the student community as an almost insurmountable challenge, only the geniuses were able to keep up with hardships and overcome them. Turning a little bit, cartoons or television series always showing a character who happened to be a scientist, were usually disheveled and he invariably tried to blow something up or do some kind of evil. The child entering school is like a rough stone and needs to be cut. Mathematics and the so-called Physical

and Biological Sciences are part of the child's knowledge, however, when it comes to math, counting is considered very difficult, and in a system of continuous progression, knowing or parent not knowing how to import into PISA poece prove this phenomenon. By associating them with the vicious social system, media / school, and with a series of irrelevant information, a child grows up, returning to adolescence, without having the perception that his daily life is surrounded by Sciences, which the much-neglected simply natural sciences and also become technology. With regard to Chemistry, which has its own language, with symbols, formulas, reaction equations and mathematical tools, this teenager finds himself immersed in the installation of chaos, because at the base of the teaching / learning process by experience, n for it complexity . With the objective of showing that Earth Sciences, in particular, that Chemistry is not impossible, the students of the 1st year of the Technical Course in Chemistry Integrated to High School were led to carry out lectures and workshops with children from Infant Education. Elementary School. The results were surprising, the students were able to get to know different realities, in addition to being dazzled by the curiosity aroused by those children.
KEYWORDS: Earth Sciences; Chemistry; community; workshops and lectures; media information.

INTRODUÇÃO

Muito se fala do ensino tradicional, em que o aluno é um mero ouvinte e que o professor é o detentor do saber. Tratando-se de uma ação ativo-passiva, nem sempre as informações que o educador traz se relacionam com os conhecimentos prévios que os estudantes construíram ao longo de sua vida. Não havendo relação entre o que o aluno sabe e àquilo que lhe é ensinado, a aprendizagem não é significativa (GUIMARÃES, 2009).

Debates sobre a importância de aulas práticas laboratoriais para o ensino das ciências naturais há muito se faz, tanto no meio acadêmico como pelos responsáveis por disciplinas relacionadas a área. Mesmo havendo um consenso entre esses educadores, é observado e evidenciado muita carência neste tipo de aula, principalmente nas escolas públicas. A falta de infraestrutura, um dos principais motivos para a não realização de aulas práticas no ensino de ciências, a insegurança do professor em ministrar essas aulas e a falta de controle sobre um número grande de alunos dentro de um espaço desafiador como o laboratório é notória (ANDRADE e COSTA, 2016).

Na versão inicial dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) destacou-se o item o "sentido do aprendizado na área". Ao sinalizar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, fica claro que em cada uma de suas disciplinas, pleiteia-se promover habilidades e competências que direcionem ao exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isso implica, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um reconhecimento amplo para a cidadania, e da mesma forma, para a vida profissional

(SANTOS, 2007).

A separação entre Ciência e senso comum foi imprescindível para constituir a Ciência Moderna, mas progressiva e desnecessariamente, lançou-se outros saberes para o cidadão para o descrédito e subjugação à ciência. Diminuir essa distância entre o conhecimento científico e senso comum é uma necessidade para inibir a monocultura e proporcionar uma pluralidade de conhecimentos. No ensino das ciências, a mediação pedagógica tem sido muito problemática, pouco se tem feito para facilitar a construção do conhecimento. Hoje, num mundo profundamente transformado pela ciência e pela tecnologia, essa tecnociência produzida se tornou objeto de conflito social e de debate político. Torna-se crucial uma mediação pedagógica e uma parametrização atenta aos valores e limites desse conhecimento, para que o cidadão, como um ser transformador, repense os valores dessa cognição, da tecnologia, da cidadania, do mercado, e do estilo de vida ao qual nos habituamos a viver, bem como as crenças que o regem impondo uma análise crítica à nova matriz social e tecnológica do conhecimento adquirido (SANTOS, 2007).

Em 2016, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Portugal, em seu Plano da Ciência Aberta, toma a Ciência Cidadã como um dos pilares decisivos para a sua materialização. Reconhece que a confiança, a transparência e a relevância da ciência aumentam quando executada em relação com a sociedade e, sobretudo, pela capacidade de estimular o envolvimento como forma de aproximar comunidades, criando ambientes propícios à inovação social, científica, econômica e cultural. Organiza, em 2017, o 1º Encontro Nacional de Ciência Cidadã – Ciência Aberta. Neste panorama, os desafios colocados pela Ciência Cidadã são discutidos e são fundamentais para a renovação formativa e metodológica no plano do ensino e da investigação, introduzindo novos métodos e novas aprendizagens com base num modelo de colaboração, criação, de translação de conhecimento multidirecional e de trabalho voluntário. Em 2019, propôs a realização do 2º Encontro Nacional de Ciência Cidadã – Ciência Aberta, com o intuito de reunir novamente protagonistas nesta área e discutir, promover e divulgar projetos em curso e a reflexão acerca das práticas, desafios e futuro da Ciência Cidadã, em Portugal.

A incumbência social virou um dispositivo de atração e retenção de talentos, o trabalho voluntário, espontâneo, funciona como uma alavanca, a ação social é uma oportunidade de desenvolver novas competências e aprimorar habilidades já existentes. Trabalhos voluntários são bem vistos pelas corporações quanto a contratações e a promoções. Neste sentido, corporações que se utilizam deste conceito também são bem vistas pela sociedade (OHL, 2012).

O cidadão é um ser individual e social. Sua identidade cultural é construída de suas relações sociais junto ao meio ao qual vive. Neste sentido, o projeto trata de não separar a construção de conceitos sobre uma determinada temática de forma continuada e dialogada, modos de conhecer/valorar/ deliberar/pensar/agir. A cultura cidadã assenta-se numa grande

esperança: contribuir para que o cidadão aprenda a construir-se a si próprio e à sociedade do futuro, ao construir o saber, considera muito importante, mas não suficiente, construir a cidadania em torno da afirmação e consagração dos direitos humanos (SANTOS, 2007).

O objetivo deste trabalho é desenvolver nos estudantes de ensino técnico integrado ao médio habilidades e competências de formação geral e profissional, estimular o espírito voluntário e, por meio de palestras e oficinas de Ciências Químicas, levar essa área do conhecimento para as crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Estimular a curiosidade sobre os fenômenos apresentados e instigar o âmago da investigação e da experimentação, são passos essenciais para explorar esse ambiente, sem medo.

OBJETIVOS

Desmistificar a Química como algo difícil e inacessível, mostrar que a Química está no dia a dia tanto na forma de ciência como na forma de tecnologia. Levar essa área do conhecimento para crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental, através de palestras e oficinas de Ciências Químicas e Tecnologia, apresentadas por estudantes do 1º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio (ETIM Química) e estimular a curiosidade e a experimentação.

METODOLOGIA

No ano de 2019, durante o segundo semestre, os estudantes do 1º ano do ETIM Química, da Etec Trajano Camargo, da cidade de Limeira, foram levados, pensando numa atitude de integração cidadã, a apresentar a Química como Ciência e como Tecnologia à alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental da EMEIEF Prada, também localizada no Centro da cidade de Limeira.

Através das experiências negativas que estes estudantes tiveram quando estudaram no Ensino Fundamental, como, por exemplo, decorar as informações contidas na Tabela Periódica dos Elementos Químicos, relataram que o ingresso num curso ETIM de Química muitas vezes foi para atender um pedido de seus progenitores, uma vez que o domínio desta área do conhecimento poderia melhorar o desempenho num futuro vestibular, o que não era nada confortável.

Utilizando os conhecimentos adquiridos durante o primeiro semestre do curso e com estímulos positivos de superação, a turma foi dividida em grupos, sendo que num primeiro momento levaram na forma de pequenas palestras e ensaios de baixa periculosidade, atividades de Química a alunos dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental de uma escola da cidade. Num segundo momento, estes mesmos alunos foram recebidos nos Laboratórios de Química da própria Etec.

Na figura 1, os estudantes da Etec palestram e demonstram o processo de produção

de papel, utilizando os conceitos de logística reversa e Química Verde produzem papel na forma de papiro, através de reciclagem.

Figura 1: Estudantes da Etec Trajano Camargo demonstrando o processo de fabricação de papel.

Fonte: O autor, 2019.

Na sequência, através da figura 2 pode ser observada a apresentação de conceitos de Química Geral. Sobre a mesa pode-se examinar a Tabela Periódica dos Elementos Químicos, um suporte com tubos de ensaio onde foram executadas reações químicas de baixo risco. Estas reações químicas não podem apresentar riscos, uma vez que o trabalho é levado para crianças de pouca idade e com muita curiosidade.

Figura 2: Estudantes da Etec Trajano Camargo apresentando conceitos de Química Geral.

Fonte: O autor, 2019.

Num segundo momento, os alunos da EMEIEF Prada visitaram os laboratórios da Etec Trajano Camargo, onde tiveram contato com os artefatos de vidro utilizados nos processos de análises químicas, bem como tiveram contato visual com alguns instrumentos utilizados em processos analíticos. Na figura 3, podemos observar uma medida de volume por pipetagem sendo realizada por uma aluna da Etec.

Figura 3: Aluna da Etec Trajano Camargo demonstrando, no Laboratório de Química, a técnica de pipetagem utilizada para medida de volume de líquidos.

Fonte: O autor, 2019.

Na imagem apresentada na figura 4, há a interação dos alunos dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental com os estudantes do curso ETIM Química, onde executa-se um procedimento de medição de volumes por pipetagem.

Figura 4: Interação entre os alunos da EMEIEF Prada com os estudantes do ETIM Química no Laboratório de Química da Etec Trajano Camargo.

Fonte: O autor, 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ciência é um dos pilares da sociedade e consequentemente influencia na sua evolução e na sua cultura. Sendo ex-colônia de Portugal, o Brasil é pobre em Ciência e em Tecnologia Química, legado deixado pelos colonizadores. Efetivamente, o país adentrou nesta área do conhecimento há pouco mais de 100 anos, dentro deste panorama o ideal é mudar essa realidade.

O estudante do ETIM, no seu primeiro ano de curso, é um recém saído do Ensino Fundamental, também está cheio de dúvidas, entrou num curso técnico, mas tem muitos questionamentos e incertezas do seu futuro profissional. Por outro lado, o aluno do Ensino Fundamental está começando a dar os passos iniciais do que será o seu percurso de vida. O seu universo se restringe a sua convivência com a família, quando muito tem algumas experiências da convivência com crianças e professores do Ensino Maternal e da Educação Infantil. Nessa faixa etária, a criança não tem vícios, está aberta e receptiva ao que lhe for apresentado, de bom e de ruim. Tem-se duas vertentes, duas realidades, estudantes já com um expressivo conteúdo de conhecimento e alunos abertos a aquisição e expansão de conhecimentos. Com o trabalho proposto foi possível conectar essas duas realidades e com sucesso. Os estudantes do curso ETIM Química foram estimulados a

estudar e a executar ensaios com segurança e sabedoria consolidada. Foram compelidos a apresentarem-se em público, expor ideias e conceitos de química de forma convicta, puderam sentir-se inteligentes, capazes e úteis, estimularam a curiosidade das crianças, alunos do Ensino Fundamental. Esses por sua vez, com a curiosidade aguçada, se envolveram com os experimentos apresentados, interagiram com os estudantes do Ensino Técnico, ficaram curiosos com a profissão de químico, com o que faz esse profissional, onde atua, de maneira geral preocupam-se com as questões que envolve o meio ambiente, questões de química verde.

Os resultados alcançados foram positivos, os estudantes do ETIM Química sentiram confiantes frente aos objetivos abraçados, questionando e se propondo a executar novas apresentações do evento. Quanto aos alunos do Ensino Fundamental, a curiosidade pode ser observada em seus semblantes, também questionaram quando haveria novos eventos para poderem participar. Expressaram curiosidade, de quando teriam idade para entrar no curso ETIM Química.

CONCLUSÕES

A Ciência Química, que a muito tempo deixou de ser uma simples ciência e hoje é uma das grandes áreas da tecnologia em nível mundial, no Brasil ainda é vista com bastante descrédito. Atribui-se à química os grandes problemas ambientais, tudo que acontece de ruim em termos ambientais, no seu grande montante, é dito ser culpa da química, mas não é dito ser culpa da ganância e dos grandes desmandos em nível de administração pública, cada vez mais escancarado, como no caso de Brumadinho, por exemplo.

A indústria química é a segunda maior indústria em nível mundial, perdendo apenas para a indústria de alimentos. Deve-se lembrar, ainda, que por volta de oitenta por cento dos processos de transformação utilizados na indústria de alimentos, são processos químicos. O que as pessoas não conectam é que a química está no dia a dia, um sabão, um sabonete, um xampu, produtos de uso diário, a sobrevivência digna através do uso de uma água saudável, que só é possível através de um tratamento adequado, com o uso de produtos químicos também adequados, numa estação de tratamento de água (ETA). Pensando em meio ambiente, o tratamento físico-químico e microbiológico de efluentes industriais, hospitalares e domésticos, dos “esgotos” numa estação de tratamento de esgotos (ETE).

Com o exposto acima, faz-se uma pequena explanação da grande realidade que nos cerca, sendo que já se passou do tempo desta realidade ser observada e tratada com mais atenção. Infelizmente é comum dentro do ambiente escolar, educadores de Ensino Infantil e Fundamental fazerem críticas veladas a Ciência Química, tal fato pode ser comprovado quando esse aluno chega no Ensino Médio com conceitos totalmente equivocados, para não falar errados. Felizmente, em algumas editoras aqui no Brasil, já é possível encontrar

literaturas sobre o ensino de ciências de forma geral, utilizando materiais de uso diário, sem a necessidade de grandes gastos. Como exemplos pode-se citar O Grande Livro de Ciências do Manual do Mundo (FULFARO & THENÓRIO, 2019) e A Tabela Periódica – Brincar e Aprender (JAMES, 2019). Esse tipo de literatura é muito comum na Europa e nos Estados Unidos, como exemplo podemos citar "Scienza Rap – Quaranta Esperimenti Troppo Divertenti" (BIANCHI, 2017) e "Help Your Kids With Science" (JACKSON, 2012). As dificuldades que os educandos apresentam ao chegar no Ensino Médio em relação à Química, e as outras duas ciências, a Física e a Biologia, podem ser sanadas no Ensino Fundamental, com um pouco de vontade, visão e baixo custo. As palestras e oficinas que os alunos do Ensino Técnico fizeram junto aos alunos do Ensino Fundamental comprovam essa possibilidade.

A educação promove a evolução cultural, social e tecnológica em um povo. Com esse tripé, essa sociedade com certeza terá uma convivência respeitosa, saudável e sustentável. Muito é falado sobre o aluno ser considerado como um simples ouvinte, sobre o professor ser o detentor do saber e direcionar sua aula segundo suas convicções. Entretanto, na verdade, nem sempre esse professor é o detentor do saber, pois não tendo conteúdo, apresentando pouca vivência na sua área de formação e, ainda, deficiente em conhecimentos gerais, não tem como estimular o discente.

Em muitos casos, aparentemente o sistema é displicente, e o docente não é nem especialista da área. É um ledo engano achar que para se fazer química há necessidade de laboratórios muito sofisticados, química se faz numa cozinha, numa simples cocção, basta explorar o conteúdo em estudo. Louis Pasteur, cujos estudos superiores foram realizados no Colégio Real de Besançon, recebeu o título de Bacharel em Letras no ano de 1840, e, em 1842, o diploma de Bacharel em Ciências, no qual constava qualificação medíocre em Química. Ingressou em 1843 na Escola Normal Superior em Paris, tendo aulas com Jean Baptiste André Dumas, um dos fundadores da Teoria Atômica Moderna, sentiu-se motivado a aprofundar seus estudos em Química. Vê-se aqui que bons professores são essenciais para estimular as potencialidades dos alunos capazes. Como legado, Pasteur deixou trabalhos consagrados como o processo industrial de pasteurização e o soro antirrábico, dois exemplos dos muitos de seus estudos desenvolvidos na área Química (VANIN, 1995).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. Y. I., COSTA, M. B. O Laboratório de Ciências e a Realidade dos Docentes das Escolas Estaduais de São Carlos-SP. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 208-214, Agosto 2016.

BIANCHI, C., BUGINI, A., GALLUS, C., PORCELLA, T.; **Scienza Rap – Quaranta Esperimenti Troppo Divertenti**, 2017, Editoriale Scienza, Firenze.

FULFARO, M., THENÓRIO, I. **O Grande Livro de Ciências do Manual do Mundo**, 2019, GMT Editores Ltda, Rio de Janeiro.

GUIMARÃES, C. C, Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009.

JACKSON, T., GOLDSMITH, M., SAVARD, S., ELIA, A.; **Help Your Kids with Science**, 2012, Dorling Kindersley Limited, New York.

JAMES, A. **A Tabela Periódica – Brincar e Aprender**, Edições Usborne, Distribuição Brasil Franchising, 2019, Barueri.

OHL, M. **Como o Trabalho Voluntário Pode Ajudar sua Carreira**; Carreira e Você; disponível em: www://exame.abril.com.br/carreira/como-o-trabalho-voluntario-pode-ajudar-sua-carreira, 2012.

SANTOS, W.L.P., Contextualização no Ensino de Ciências por Meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica, **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, novembro de 2007

VANIN, J.A; **Alquimistas e Químicos – O Passado, O Presente e O Futuro**, 5ª Ed., Editora Moderna, 1995, São Paulo.

CAPÍTULO 9

CORES DE FRIDA

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Aline de Sousa
Mestranda em Engenharia de Materiais no Instituto Federal do Piauí/IFPI
Graduada em Química pela Universidade Federal do Piauí/UFPI
Professora no Instituto Estadual de Ciência e Tecnologia do Maranhão/IEMA
Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/1630313148537843

Laurinéia Rodrigues Nicácio Freitas
Pós-graduanda em Educação Integral e Integrada /UNIASSELVI
Pós-graduanda em Metodologia do Ensino Superior /UNIASSELVI
Graduada na Universidade Federal do Maranhão/UFMA
Professora da rede municipal de São Luís/ SEMED
São Luís-MA
http://lattes.cnpq.br/1174315053303055

Lílian de Sousa Sena
Mestranda em Educação Inclusiva na Universidade Estadual do Maranhão/UEMA
Graduada em Letras – Português pela Universidade Estadual do Piauí/ UESPI
Professora da rede estadual do Maranhão/ SEDUC
Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/3712355223234046

RESUMO: As cores expressam as emoções e são capazes de produzir sensações diversas, assim sendo, amarelo, laranja e vermelho despertam o lado mais ativo do ser humano, pois são cores estimulantes e vivas. Enquanto que os tons de verde, azul e violeta são responsáveis por transmitir sensações de calma, equilíbrio e frio. São muitos estudiosos que se debruçaram sobre a teoria das cores a citar Newton, Israel Pedrosa, Dondis, Da Vinci dentre muitos outros. Frida segue um caminho único, próprio e é fato que nós podemos observar toda a trajetória da sua vida perpassando por seus auto-retratos que não representam tão somente seu corpo físico, como também podemos entender um pouco do espiritual e psíquico, a alma, os sentimentos que marcam a história dessa artista tão autêntica. O legado da artista Frida norteia o presente trabalho, contribuindo para a produção de tintas naturais a partir de elementos do cotidiano dos alunos bem como promove a interação entre diferentes sujeitos e suas peculiaridades, efetivando o princípio da educação inclusiva, através do conhecimento, do respeito e da autonomia.

PALAVRAS - CHAVE: Cores. Frida Kahlo. Educação Inclusiva. Ensino de Química.

FRIDA COLORS

ABSTRACT: Colors express emotions and are capable of producing different sensations, therefore, yellow, orange and red awaken the most active side of the human being, as they are stimulating and vivid colors. While the shades of green, blue and violet are responsible for transmitting feelings of calm, balance and cold. There are many scholars who have looked at

color theory to quote Newton, Israel Pedrosa, Dondis, Da Vinci among many others. Frida follows a unique, proper path and it is a fact that we can observe the entire trajectory of her life going through her self-portraits that not only represent her physical body, but also We can understand a little of the spiritual and psychic, the soul, the feelings that mark the history of this artist so authentic. The legacy of the artist Frida guides the present work, contributing to the production of natural paints from elements of the students' daily lives, as well as promoting the interaction between different subjects and their peculiarities, putting into practice the principle of inclusive education, through knowledge, respect and autonomy.
KEYWORDS: Colors. Frida Kahlo. Inclusive education. Chemistry teaching.

1 I INTRODUÇÃO

O ensino das técnicas artísticas são meios que auxiliam a linguagem plástica, onde o aluno vivencia práticas educativas, desenvolvendo-se expressiva e criativamente. Viver com os alunos experiências de fabricar suas próprias tintas em sala de aula é sempre muito interessante, principalmente com o uso de pigmentos e corantes obtidos por eles próprios na natureza, do seu cotidiano, enriquece e agrega conhecimento sobre a sustentabilidade e também permite criar cores vivas a partir de releituras das obras de Frida Kahlo. Artista mexicana escolhida para integrar e articular os conhecimentos nos campos da Química, Arte e Educação Inclusiva visto os episódios ocorridos no decorrer da sua vida e que influenciaram as suas obras.

A cor exerce um fascínio sobre a humanidade. Foi por meio da Química que o homem conseguiu reproduzir os magníficos tons e cores gerados pela natureza, além de criar novas e infinitas tonalidades.

Segundo Séquin (2012), os pigmentos podem ser extraídos de espécies vegetais. Podem ser encontrados em todas as partes dos vegetais, incluindo as folhas, flores, frutos, sementes, troncos e até raízes e estes utilizados para preparação de tintas. Pode-se também adquirir pigmentação a partir de solos, costume este advindo de milhares de anos em pinturas rupestres.

A utilização da natureza como matéria-prima para a preparação de tintas desperta o aprendizado de conhecimentos científicos, envolvendo aspectos tanto da Química quanto da Arte, e proporciona o contato com o diferente, visto que a interação entre os alunos é recorrente no trabalho, com vistas a promover a inclusão.

O uso de atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem de Química ocupa um papel de suma importância despertando um caráter investigativo no aluno. Santos e Schnetzler (1996, p. 31), retratam que “A importância na inclusão da experimentação está na caracterização de seu papel investigativo e de sua função pedagógica em auxiliar o aluno na resolução dos fenômenos químicos.”

A experimentação contribuiu para uma melhor compreensão dos conhecimentos químicos a partir da produção de pigmentos naturais confeccionados pelos próprios alunos,

bem como proporcionou um estreitamento nas relações existentes entre os estudantes e seus modos de perceber a Química, a Arte e a Educação Inclusiva.

Nesse contexto, o projeto Cores de Frida foi desenvolvido com o objetivo de apresentar aspectos da biografia e arte da pintora mexicana, buscando interseções entre sua arte e suas experiências de dor atribuídas às sequelas de poliomielite e do acidente sofrido, eventos significativos para o alvorecer de sua pintura. Dessa forma, o projeto contemplou os seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): boa saúde e bem-estar, educação de qualidade e consumo e produção responsáveis.

2 | A VISÃO INCLUSIVA DAS CORES

Aos dezoito anos de idade Frida Kahlo sofre um acidente de ônibus que a torna dependente de cadeira de rodas por muito tempo. Dada a impossibilidade de locomoção temporária, devido ao repouso imposto pelo tratamento da enfermidade, Frida dedica-se ao seu talento nato: a pintura. Nasce, então, uma grande artista que inspira por sua habilidade com as tintas e por sua história de superação e empoderamento.

A figura de Frida aflora discussões variadas desde participação política das mulheres, feminismo, machismo, religião, violência e política, dentre outros. Há, entretanto, um aspecto peculiar de sua vida que, especialmente no meio educacional, merece uma reflexão para proporcionar uma atitude libertadora, que é a condição de pessoa com deficiência e o protagonismo social.

Segundo Fernandes, Schlesener, Mosquera (2011, p.133), “a trajetória do indivíduo com deficiência é marcada por preconceitos e lutas em favor do direito à cidadania, de acordo com cada cultura dentro das sociedades. A origem do termo “cultura” refere-se ao termo latino *colere* que significa “cultivar”, “habitar”. A maneira como se origina e evolui a cultura, irá definir o processo da educação de um povo. Isso significa que cultura e educação estão associadas”. Compreende-se, desse modo, que cultura está intrinsecamente ligada ao contexto social e ao processo evolutivo do homem em um determinado período e comunidade. Não há, pois, como dissociar homem, cultura e educação.

Em diferentes tempos da história, há registros sobre pessoas com deficiência. Infelizmente, observamos que o tratamento segregador com estas pessoas sempre existiu. A não aceitação do ser deficiente está ligada à falta de conhecimento sobre sua condição e intolerância ao diferente. No âmbito escolar, esta falta de conhecimento sobre o que é deficiência e como trabalhar de maneira inclusiva é uma das condições que reforça que os alunos com deficiências sejam excluídos do processo educativo, não trabalhando suas potencialidades e tolhendo suas possibilidades de ascensão social.

A figura emblemática da artista denota a ideia de que, a partir do autoconhecimento, apoio profissional e humanitário, é possível vencer obstáculos, desenvolver suas potencialidades e conquistar sua cidadania. Depreende-se, portanto, que o chão da escola

é o espaço propício para que este desenvolvimento aconteça, principalmente com o apoio familiar.

Embora Frida fosse mexicana, é interessante traçar um paralelo com o contexto brasileiro, no tocante à educação de pessoas com deficiência entre os anos de 1900 a 1950, período em que a artista viveu para compreendermos os desafios enfrentados à época. A partir do início do século XX, iniciaram – se os estudos sobre deficiência intelectual e os estados anormais de inteligência. E, nas primeiras décadas, as ideias do movimento Escola Nova começam a influenciar reformas pedagógicas em vários estados brasileiros, com vistas à democratização do acesso ao ensino e combater as desigualdades sociais. No panorama mundial, tal movimento trabalhava para superar o tradicionalismo vigente em muitas instituições educacionais.

Conforme assinala Mendes (2010, p. 97), "enquanto se observa o crescimento da institucionalização, da implantação de escolas especiais comunitárias e de classes especiais nas escolas públicas para os variados graus de deficiência em vários países ao longo da primeira metade do século XX, no Brasil predominou no geral a despreocupação com a conceituação, com a classificação e com a criação de serviços". De fato, o que ocorria sobre conceituação era de acordo com o padrão dito normal/anormal. Sob este viés, a pessoa com deficiência era encaminhada a instituições especializadas, como as da Sociedade Pestalozzi, criadas por Helena Antipoff, a partir de 1932, ou para a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais – APAE, cuja primeira unidade fora fundada em 1954. Outro destino dado à pessoa com deficiência, nesta época, era ser desprestigiado de formação educacional, pois não havia instituições ou escolas para acolhê-los, na maior parte do país.

A categorização do padrão normal/anormal ainda persiste em nossa sociedade. Embora sejam relevantes os avanços da ciência, da medicina, das tecnologias assistidas e das conquistas em termos legais, as pessoas com deficiência vivem numa luta constante para a derrubada de estigmas e garantia de seus direitos. Luta esta que permeou a existência de Frida e que inspira o fazer pedagógico na educação inclusiva para a apropriação dos direitos da pessoa com deficiência e uma efetiva mudança na sociedade.

As relações interpessoais baseadas em padrões pré-estabelecidos sobre o que é normal/anormal também estão enraizadas nos espaços escolares e devem ser questionadas, debatidas e ressignificadas. O papel dos professores, gestores e funcionários é fundamental para (des) construir conceitos e promover a inclusão de sujeitos com e sem deficiência, pois a inclusão não se limita apenas ao ato de frequentar a escola, mas também ao direito de receber educação de qualidade e que respeite seu ritmo de aprendizagem e suas características.

Enxergar a escola como espaço de aquisição e socialização do conhecimento e de experiências de trocas que possibilitam o reconhecer do outro, o contato com a diversidade e o respeito às particularidades é fundamental para que esta cumpra seu papel social, que

é formar o cidadão para viver plena e respeitosamente em sociedade.

Podemos afirmar que o ser social compõe, metaforicamente, a paleta de Frida em vários aspectos. Enquanto na paleta a pintora escolhe as cores e as mistura para compor a obra, na sociedade as diferentes etnias, orientações políticas, religiosas, de gênero e toda a heterogeneidade humana, convivem compondo diferentes comunidades que forma o todo. Todo este que, para além dos muros da escola, nos envolve nas narrativas da vida real, como as inspirações de Frida para seus quadros. Desse modo, as implicações que a educação inclusiva nos traz, corroboram para que sejamos cidadãos inclusivos, responsáveis pelo nosso destino e atores na arte do bem viver.

A educação inclusiva pressupõe que todos os alunos participem das mesmas atividades, envolvidos num espaço escolar comum e que respeite as individualidades. A aprendizagem deve ocorrer de forma igualitária, independente das necessidades físicas ou cognitivas dos estudantes. Desse modo, as escolas precisam desenvolver um programa de estudos e acompanhamentos que garantam a integração e inclusão, no processo educativo. Tal como exposto, encontramos na legislação muitos registros que asseguram a educação inclusiva, mas é preciso, também, buscar representações fora do contexto escolar para motivar a adoção de posturas positivas e abertas ao diálogo inclusivo com vistas a desenvolver a autonomia dos alunos com deficiência ou não.

3 | AS CORES POR FRIDA

As cores que Frida Kahlo utiliza traduzem muito dos seus sentimentos e são carregadas de simbologia, pois o seu eu era empregado nas suas telas com um estilo único que fica bem perceptível a mensagem que ela traduz em suas magníficas obras de arte. Goethe define a cor como “uma informação visual, causada por um estímulo físico, percebida pelos olhos e decodificada pelo cérebro”. Já Kandinsky, diz que ela é “um meio para se exercer influência direta sobre a alma. A cor é a tecla. O olho é o martelo. A alma é o piano de inúmeras cordas. Quanto ao artista, é a mão que, com a ajuda desta ou daquela tecla, obtém da alma a vibração certa.” Esse poder da cor está perceptível nas retratações de Frida seu legado artístico, é marcado pelo respeito que a artista nutre pela cultura mexicana, o amor que ela cultiva por Diego Rivera, suas dores e perdas, as muitas inquietações da revolução presente, uma gama de emoções que ela carregava dentro de si, as cores que ela utiliza são a tradução desses sentimentos mais profundos e seus autorretratos falam por si só.

As manifestações artísticas de Kahlo tem as raízes fixas no seu cotidiano, em problemas enfrentados ao longo da vida, e essa sensação perpassa na forma como ela representa a natureza ao seu redor, a fauna e a flora com tons ora vibrantes ora apagados, a cor que ela emprega para a dor da perda, do luto e da decepção – se é que podemos descrever assim – em suas obras, não é somente a sobrancelha marcada, o único traço

de suas obras, tudo em seus quadros nos convida a uma leitura estonteante da vida dessa artista singular.

Os elementos visuais de suas obras lembram a alegria da cultura mexicana, a paleta de cores escolhidas por Frida é um deleite de sensações com um amarelo vibrante, o rosa farto, o verde natura, tons avermelhados e alaranjados marcantes que furtam a atenção para a obra, com requintes bem simbólicos. Na obra *Raízes* (1943) ela se coloca com uma vestimenta laranja com vermelho e detalhes branco em contraste com o negro dos seus cabelos e da sobrancelha que conversam com o esverdeado no chão que deita, como se aquelas raízes fizessem parte dela e as mesmas estivessem nelas. Outro exemplo de simbologias é a obra *Sem esperança* (1945) em que ela retrata a morte tão almejada por ela no auge de suas dores, e em *A coluna partida* (1944) que é carregada de verdade de como ela se sentia internamente pós cirurgia, ela transmite ao quadro suas lágrimas, o sofrimento de conviver com aquilo. Quero chamar a atenção a Árvore da Esperança (1946) espelha antônimos ao mesmo tempo, dia e noite, luz e escuridão, medo e esperança, dor e alívio, paz e guerra, podemos perceber no mesmo quadro a disparidade apenas pelo sábio uso de tons mais claros com escuros e neutros, muito laranja e amarelo da vegetação em um lado contrapondo com o verde azulado mais escuro de outro, ela se auto retrata com um pano branco em contraste com seu corpo mutilado de vermelho em cima de uma maca e um sol bem ardente, a composição contou também alaranjados e vermelhos e amarelos de sua indumentária no lado direito sentada com uma bandeira em que ela fala da necessidade da esperança, em ambos os lados direito e esquerdo, as mesmas cores são utilizados com uma conotação diferente

Frida conta sua vida pessoal por meio das obras, observamos animais presentes – em grande maioria macacos - em cores bem vibrantes, com vegetação iluminada carregados de muitos símbolos nos autorretratos como em *Sol e vida* (1947) que estampa o Nascimento, reproduzindo figuras de ovários nas folhas ao fundo trazendo a imagem do sol que representa essa vida que ela quer comunicar neste quadro. Outra obra também que podemos falar dessa fase tão significativa é *Viva La vida* (1954) em que a artista utiliza um verde vibrante contrapondo com melancias rosadas e essa frase escrita por cima delas, frase essa muito constante em suas poesias. Embora ela tivesse uma vida muito sofrida carregada de dor, sempre teve essa perspectiva da esperança, de encorajar outras pessoas, tanto em vida como agora as suas obras também nos transmitem essa mensagem. Ainda sobre os autorretratos dela em todos há uma ausência de um sorriso e ela coloca muito da sua trajetória neles, os cabelos cortados no período de depressão, os pensamentos recorrentes da morte e tentativas de suicídio – retratados por caveira na cabeça ou na composição - outros em que coloca o rosto do Diego na sua testa, demonstrando sua decepção amorosa. Outras obras que podemos citar é *Hospital Henry Ford* (1932) em que ela retrata como sofreu e ficou após essa perda, ela pinta várias simbologias sobre a tela.

Não tem como dissociar o legado de sua arte da vida pessoal porque vemos que

tudo que ela vivenciou é recorrente nas obras. Então podemos mergulhar na fantasia da Frida o que ela representa em suas obras, algumas bem realistas, outras fruto da sua imaginação, mas em cada detalhe em suas linhas tudo ali que observamos são imagens feitas por uma artista completa. A citar seu amado, o muralista Diego Rivera (1943), que a descreve em artigo que mesmo mergulhada em fantasia ela era realista, que pintava ao mesmo tempo, o exterior e o interior de si mesma e do mundo para ressaltar as construções de Frida carregadas de objetos extravagantes e bizarros mas que conversam entre si e a mensagem que passam. Então os seus quadros expressam muitos sentimentos de ansiedade, solidão, morte, luto e dor por meio de padrões visuais, desenhos repetidos, poemas com lista de palavras sem sentidos, criaturas fantásticas, pessoas bizarras são um pouco do universo de signos visuais que Frida Kahlo coloca em suas cores explodindo violentamente pelo quadro com linhas carregadas e fortes que serpenteiam tais figuras distorcidas com rostos trazendo máscaras grotescas em que ela está traduzindo toda essa gama de ser nessas formas bizarras de maneira a expressar da melhor forma os seus sentimentos naquele momento.

4 I METODOLOGIA

O projeto ocorreu por meio de uma disciplina eletiva, cujo foco principal foi o desenvolvimento e consolidação das áreas de Química, Arte e Educação Inclusiva, de forma contextualizada e interdisciplinar.

O trabalho aconteceu através das seguintes etapas, conforme imagens anexadas abaixo:

- Aulas expositivas sobre: História dos pigmentos, vida e obra de Frida Kahlo;
- Processo e demonstração de extração de pigmentos (Foto A);
- Preparação de tintas naturais usando pigmentos e aglutinantes como frutas, raízes, verduras e legumes, pétalas (Foto D);
- Armazenamento de tintas em potes descartáveis (Foto B);
- Palestra informativa sobre Poliomielite;
- Leitura visual das cores de Frida;
- Práticas de desenho: Autorretrato (Foto C);
- Aula sobre consciência sustentável no uso de tintas naturais;
- Preparação para culminância.

Figura 01- Processo e demonstração de extração de pigmentos (Foto A); Armazenamento de tintas em potes descartáveis (Foto B); Práticas de desenho: Autorretrato (Foto C); Preparação de tintas naturais usando casaca de ovo (Foto D).

Abaixo vamos elencar algumas dos nossos experimentos que fizemos de cores utilizando produtos naturais depois de vários testes conseguimos êxito em outros não as receitas estão em anexo bem como os registros visuais dessas experiências maravilhosas dos resultados obtidos na pintura das telas de releituras baseadas em Frida Kahlo, são elas: Pés caídos (Foto A); Plantas de Frida (Foto B); Coluna partida (Foto C) e Retrato de Frida (Foto D) de autoria dos alunos que participaram conosco.

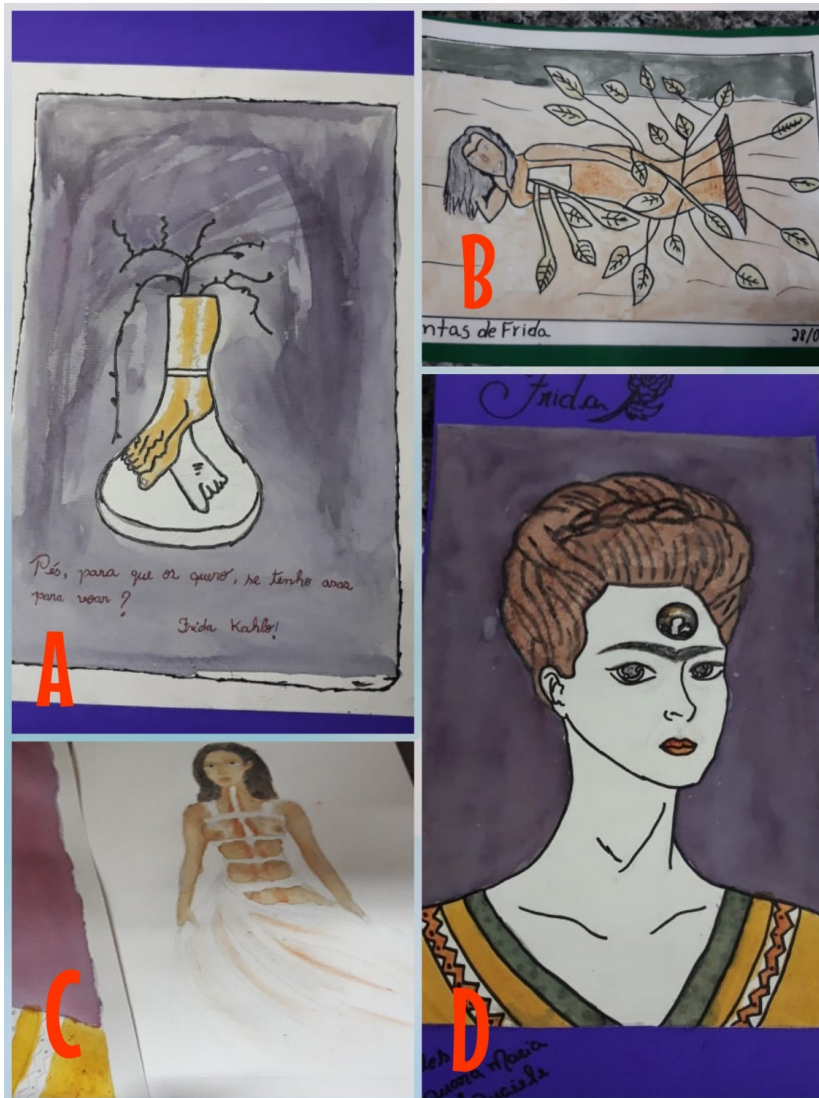



Figura 02 - Releituras de obras de Frida Kahlo: Pés caídos (Foto A); Plantas de Frida (Foto B); Coluna partida (Foto C) e Retrato de Frida (Foto D) de autoria dos alunos que participaram conosco.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo é de relevante valor social visto que contextualiza o conhecimento químico e o relaciona com outras áreas do conhecimento, sob a perspectiva da educação inclusiva, como o ensino de Arte; usando conhecimentos de sustentabilidade e instigando a possibilidade de empreender na produção de painéis de autorretratos produzidos a partir de pigmentos naturais confeccionados pelos estudantes.

A concretização do projeto possibilitou a visualização mais clara e objetiva de conteúdos teóricos como técnicas expressivas das Artes Plásticas a partir de pigmentos naturais trabalhando a sustentabilidade, conhecimentos científicos a cerca de propriedades como solubilidade e polaridade, estudo sobre substâncias simples e compostas, bem como a ocorrência de reações químicas e a interação entre diferentes sujeitos com respeito e empatia nas suas particularidades.

REFERÊNCIAS

António João Cruz, “Os pigmentos naturais utilizados em pintura”, in Alexandra Soveral Dias, António Estêvão Candeias (org.), **Pigmentos e Corantes Naturais**. Entre as artes e as ciências, Évora, Universidade de Évora, 2007, pp. 5-23

BARROS, Lilian Ried Miller**. A cor no processo criativo**: um estudo sobre a Bauhaus e a teoria de Goethe. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2006.

BERMOND, J. **Apostila intuitiva de pigmentos naturais**. Arte da Terra. 1ª edição.

BONAFÉ, Cinara et al. **Produção de tintas com a utilização de pigmentos vegetais:** favorecendo a abordagem interdisciplinar no ensino de Química.

CABRAL, J. M. P., **História Breve dos Pigmentos**. I - Da arte do homem pré-histórico, Química, 62, 1996: 11-18

FERNANDES, Lorena Barolo, SCHLESENER, Anita; MOSQUERA, Carlos **BREVE HISTÓRICO DA DEFICIÊNCIA E SEUS PARADIGMAS** Revista do Núcleo de Estudos e Pesquisas Interdisciplinares em Musicoterapia, Curitiba v.2, p.132 –144. 2011.

HERRERA, Hayden. **Frida**: a biografia; tradução Renato Marques. São Paulo: Globo, 2011.

KANDINSKY, Wassily. **Do espiritual na arte**. trad. Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

MAYER, R., **Manual do Artista de Técnicas e Materiais**, tradução de C. Nazareth, 2.ª ed., São Paulo, Livraria Martins Fontes, 1999.

MENDES, Gonçalves Enicéia. **Breve histórico da educação especial no Brasil**. Revista Educación y Pedagogía, vol. 22, núm. 57, mayo-agosto, 2010. pp. 93109. Disponivel em https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/9842.

SOUZA, Gabriela Cristina et al. **Tintas Naturais**: uma proposta artística e interdisciplinar para o ensino de Química. Colóquio Luso-Brasileiro de Educação-COLBEDUCA, v. 1, p. 713-713, 2016.

CAPÍTULO 10

REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO COM DELINEAÇÃO SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE QUÍMICA

Data de aceite: 01/03/2021

Vagner Cunha Lima
Graduado do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal - UFCG

RESUMO: Toda prática de ensino e aprendizagem de Química existe concepções teórica-experimental, mesmo na forma omitida. Um fator relevante nos dias atuais é fazer com que o educando desperte interesse nas disciplinas. Dessa forma, para ocorrer uma aprendizagem significativa é preciso que o educando veja os conteúdos da discplina de forma intuitiva e que seja comparado com o seu senso comum. No decorrer dessa abordagem, o senso comum vai sendo modulado para o conhecimento científico mais destilado. Dessa forma, o trabalho apresentou uma metodologia teórica-experimental que os conceitos simples de química foram usados para descrever o mecanismo reacional de transesterificação e comprova-lo através do experimento de baixo custo.
PALAVRAS - CHAVE: Aula de Química Orgânica, Experimento de Química Orgânica, Mecanismo de Transesterificação, Didática Significativa.

ABSTRACT: Every teaching and learning practice in Chemistry exists theoretical-experimental conceptions, even in the omitted form. A relevant factor nowadays is to make the student arouse interest in the subjects. Thus, for meaningful learning to occur, the learner needs to see the contents of the discipline in an intuitive way and to be compared with their common sense. In the course of this approach, common sense is being modulated to the most distilled scientific knowledge. In this way, the work presented a theoretical-experimental methodology that the simple concepts of chemistry were used to describe the reaction mechanism of transesterification and prove it through the low cost experiment.
KEYWORDS: Organic Chemistry Class, Organic Chemistry Experiment, Transesterification Mechanism, Significant Didactics.

INTRODUÇÃO

A reação de transesterificação é um processo químico que envolve dois reagentes de funções orgânicas éster e álcool (Figura 1). A reação pode ser promovida através de catalisadores homogênio ou heterogênio e o seu produto apresenta a formação de um novo álcool e um novo éster (RIBEIRO et al, 2020).

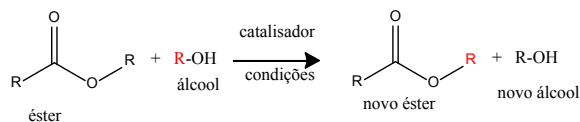



Figura 1: Reação de transesterificação

Fonte: Dados da Pesquisa

O Biodiesel é um combustivo renovável derivado de material orgânico como sementes oleaginosas, palmas e gordura animal. A sua síntese está relacionado com a reação de transesterificação (Figura 1). Este combustível renovável é uma das propostas para a substituição de combustível derivado de petróleo. Por isso, a importância da busca incessante de promover a reação de transesterificação (RIBEIRO et al, 2020).

A síntese do biodiesel através da reação de transesterificação é um dos temas bem trabalhado em sala de aula e cobrados no ENEM. Com base nisso, a importância de explorar o tema de biocombustível está diretamente envolvido com a facilidade experimental de baixo custo e sua fácil metodologia de aplicabilidade da síntese proporcionada através dos reagentes comercializado no mercado local (FREIRE, 2018).

A aula experimental na disciplina de Química é de extrema importância, pois os conceitos e teorias que rege a disciplina são formulações de observações empírica dos fenômenos naturais e industrial. Dessa forma, a prática experimental deve ser vista com credibilidade para a aprendizagem cognitiva do aluno (PAULETTI; RITTER, 2017)

Existem dificuldades na preparação da prática expeimental em escolas de ensino médio por falta de investimentos e materiais como: reagentes, aparelhos e utensílios. Mas na literatura, apresenta vários métodos de preparação de experimentos simples que envolve materiais de baixo custo. Alem de ter um custo benefício apropriado para a Instituição, não foge do significado e eficácia do objetivo da metodologia para o ensino de Ciências da Natureza (PEREIRA, CARACRIST, 2020).

A cognição entre teoria e prática promove no aluno a formação do significado dos conteúdos programados das disciplinas. Dessa forma, as teorias e conceitos disciplinares deixa de sem ilusório e se transforma palpável. Promovendo um significado da aprendizagem do conteúdo (RODRIGUES; MOTA; SOUZA, 2019)

Ainda encontramos um reforço nas considerações de Matthews (1995): humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do 'mar de falta de significação' que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam.

METODOLOGIA

Aula de Química Teórica e Experimental

Na escola Felipe Tiago Gomes, localizada na cidade de Picuí-PB, foi ministrada uma aula teórica (Figura 2) e experimental de 50 minutos. O público foi alunos de 3º ano e a prática, teve como objetivo de revisão para o Enem de 2019.

Figura 2: Assuntos de Química para responder de forma significativa o sistema Experimental

Fonte: Dados da Pesquisa

Reator de Transesterificação Caseiro

Por falta de recurso, foi feito um agitador elétrico (reator de transesterificação) com materiais alternativos (Figura 3). O reator apresenta peças derivadas de motor de vídeo cassete, vidro de doce de leite, arame de construção e carregador de celular.

Figura 3: Reator de transesterificação elétrico.

Fonte: Dados da Pesquisa

Reação de transesterificação

A reação de transesterificação foi iniciada com o preparo do íon alcóxido a partir de álcool etílico vendido em postos de combustíveis e hidróxido de sódio em escamas vendido no comécio local. O melhor rendimento ocorreu com 1,5 g de KOH e 35% de metanol em relação a 100 mL de óleo (GERIS, et al. 2007).

Com base no experimento de GERIS, foi colocado no reator 250 ml de óleo soja e uma mistura de 87, 5 ml de álcool etílico com 3,75 g de hidróxido de sódio em escamas pesada em uma balança com casa decimal mínimo de 1 g. A mistura foi deixada por 120 segundos em agitação no reator caseiro. Em seguida, o reator foi desligado e a mistura reacional foi deixada por 10 minutos para a decantação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Conceito de tabela periódica, eletronegatividade, tipo ligação química e função éster

Afim de explicar de forma coerente como a reação de transesterificação ocorre, através de simples conceitos de Química, foi iniciada a aula de tabela periódica, eletronegatividade de Linus Pauling, tipo de ligação química e função éster (Figura 4). Esses conceitos são assuntos geralmente vistos no 1º e 2º ano do ensino médio que são eficientes para explicar a reatividade de inúmeras reações química.

Figura 4: Aula de Química com ênfase nas revisões de assuntos.

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela periódica é um instrumento importantíssimo para o químico, pois pode ser usada para saber o número da massa, número atômico até verificar a reatividade de uma

reação química. No geral, o seu ensino não deve seguir uma proposta de decoração de elementos, pois em provas geralmente está em anexo.

O uso da tabela periódica com o conceito de eletronegatividade de Linus Pauling apresenta uma proposta interessante da visualização da nuvem eletrônica entre uma ligação química. Com esses conceito, o aluno pode determinar visualmente se a molécula apresenta uma ligação iônica, covalente polar e covalente apolar.

Com base nisso, foi verificada que a função éster (Figura 5) presente na molécula de óleo é composto por um carbono carbonílico C=O onde sua ligação é covalente polar. Como o oxigênio apresenta uma eletronegatividade (uma força maior de atrair elétrons para se) maior do que o carbono, existe uma diferença de carga em equilíbrio dinâmico entre o oxigênio e o carbono carbonílico.

A função orgância éster apresenta cargas em equíbrio dinâmico no carbono carbonílico através da ligação covalente entreo o C=O.

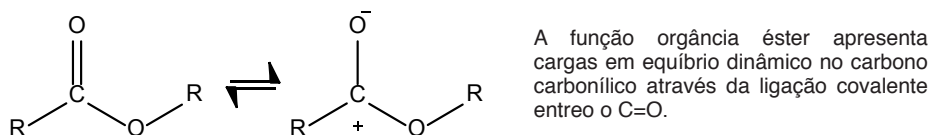



Figura 5: O tipo de ligação e carga na função éster

Fonte: Dados da Pesquisa

Formação do íon alcóxido

O íon alcóxido nesta metodologia é formado através de um álcool e uma base forte, como é descrito na literatura (GERIS, et al. 2007). Nessa parte, a metodologia proporciona a descrição do equilíbrio químico (Figura 6). A seta auxilia na compreensão de uma reação através da movimentação do elétron e quebra de ligação. A seta com a ponta dupla apresenta o significado da movimentação do par de elétron no mecanismo reacional.

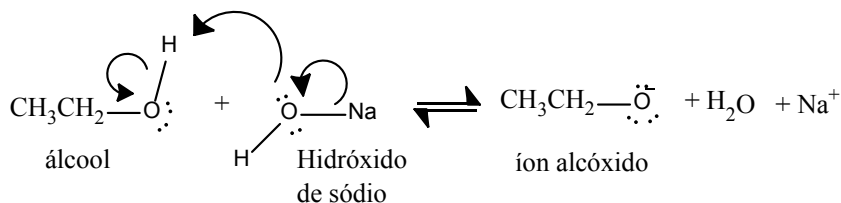



Figura 6: Mecanismos de equilíbrio dinâmico entre o álcool etílico e o íon alcóxido.

Fonte: Dados da pesquisa

Mecanismo de reação de transesterificação

Através do íon alcóxido formado, ao misturar com o óleo de soja com a agitação no reator de transesterificação, ocorre a formação de um novo álcool e um novo éster de cadeia curta (Figura 7).

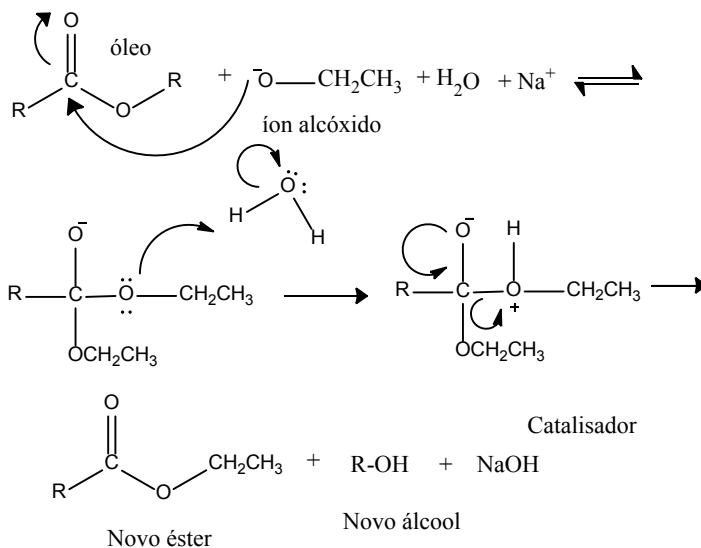



Figura 7: Reação de transesterificação

Fonte: Dados da pesquisa

Aula Experimental

Depois da aula teórica de química orgânica, foi iniciado o experimento seguindo os passos da aula de teórica de mecanismo reacional. Algumas partes do experimento está na figura 8, onde mostra a metodologia experimental.

(a)

(b)

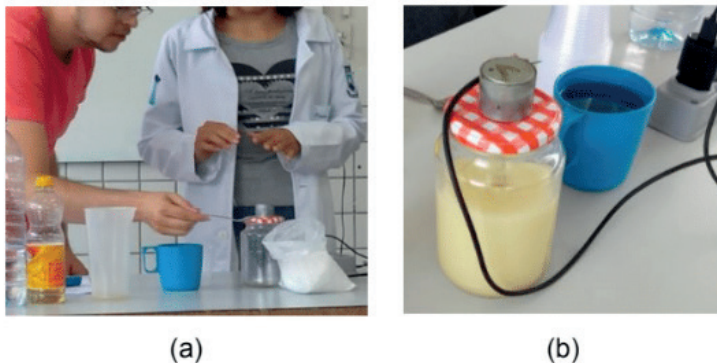



Figura 8: Aula Experimental, (a) Educando manipulando os reagentes; (b) Reator com os reagentes sendo misturados.

Fonte: Dados da pesquisa

Com base na observação da figura 8, a molécula de glicerina apresenta uma polaridade maior do que a molécula do biodiesel, dessa forma não se mistura. Como a densidade da glicerina maior do que a do biodiesel, a glicerina vai decantar embaixo do biodiesel conforme a figura 9.

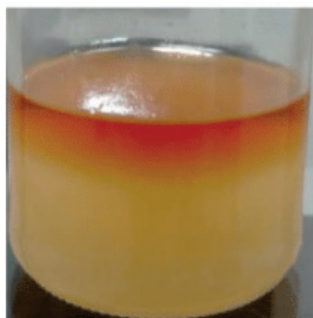



Figura 9: Produto da reação de transesterificação.

Fonte: Dados da Pesquisa

CONCLUSÃO

Como foi visto, pode ser preparada uma aula experimental de Química através de materiais alternativos. O mais importante é ter explicado ao educando que reações químicas do cotidiano ou industrial pode ser verificada através de conceitos simples. Dessa forma, a Junção da teoria e a prática experimental apresetou um significão dos conceitos

químicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao corpo da Escola Felipe Tiago Gomes da Cidade de Picuí-PB; Ao Professor Madson por ter deixado aplicar uma aula diferencil para a disciplina de Química; Aos Alunos notáveis da escola que apresentaram uma boa paciência e desenvolvimento intelctual.

REFERÊNCIAS

RIBEIRO, C. T. et al. Estudo da produção de biodiesel a partir da reação de transesterificação do óleo de palma refinado por via etanólica utilizando catálise homogênea e heterogênea. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28818-28824, 2020.

FREIRE, T. P. et al. **Verificação da temática biodiesel no ENEM (1998-2017) em consonância com sua evolução no contexto nacional.** Trabalho apresentdo na UFCG, 2018.

PAULETTI, F; RITTER, C. OFICINA DE BIODIESEL: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE QUÍMICA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO/Biodiesel workshop: experience report of the chemistry teaching with high school students. **Revista Aretél Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 18, p. 144-157, 2017.

PEREIRA, C. M. CARACRISTI, I. Atividades experimentais como prática de ensino-aprendizagem de temas de Geografia Física no Ensino Médio. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 01-19, 2020.

RODRIGUES, Danielle Pereira; MOTA, Aline Tiara; SOUZA, Paulo Victor Santos. Circuitos Elétricos com Materiais de Baixo Custo: uma proposta pautada na aprendizagem significativa de Ausubel. **Revista Do Professor De Física**, v. 3, n. 1, p. 133-154, 2019.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-216, 1995.

GERIS, R. et al. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369-1373, 2007.

CAPÍTULO 11

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GORDURA TOTAL NO SALGADO FRITO COMERCIALIZADO NA CANTINA DO IFES/LINHARES

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Rafael Torres Teixeira
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/6412277925029116

Marina Cominote
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/0466266555780657

Renato César de Souza Oliveira
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/0468783132293549

Alícia Sanders de Abreu
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/2654940071540649

RESUMO: Devido à alteração do estilo de vida da população brasileira, aumentou o consumo por alimentos processados, que apresentam menor tempo de preparo. Eles normalmente apresentam elevada concentração de lipídeos, em razão de transformações químicas e físicas, fato que pode comprometer a qualidade e a segurança do alimento. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o processo de fritura mediante metodologia de determinação do teor de gordura total no salgado frito e por meio de revisão bibliográfica de trabalhos publicados que também abordam a temática de determinação de lipídeos totais em alimentos pós-fritura. Então, uma amostra de salgado frito da cantina do Ifes Linhares foi homogeneizada, pesada e teve sua umidade removida em laboratório. Em seguida, foi sujeita à extração dos lipídeos totais no aparelho extrator de óleos e graxas, durante 4 horas e à temperatura de 90°C. O solvente utilizado foi o hexano. Após o lipídeo extraído e pesado, constatou-se que cada unidade de salgado contém cerca de 16g de lipídios, ou 29% da dose de referência diária. Em paralelo, os trabalhos da revisão bibliográfica averiguaram o teor de lipídeos em batatas fritas, salgados e "fast food". A metodologia escolhida pelos autores foram duas: extração do tipo Soxhlet e o método de Bligh & Dyer. O teor de lipídeos encontrado nas amostras de salgado variou entre 9,1g/100g e 28,9g/100g. A porcentagem de gordura nos alimentos processados, como as batatas fritas, foi dezenas de vezes maior que o valor encontrado nos alimentos naturais. Concluiu-se que a absorção de gorduras nos alimentos submetidos ao processo de fritura é significante e seu consumo frequente pode afetar a saúde da população.

PALAVRAS - CHAVE: Alimentação, lipídeos, salgado frito.

TOTAL FAT CONTENT DETERMINATION OF FRIED SNACKS MARKETED AT IFES/ LINHARES CAFETERIA

ABSTRACT: As a result of the change in the lifestyle of the Brazilian population, the consumption of processed foods, which have less

preparation time, has increased. They usually contain high concentrations of lipids, caused by chemical and physical transformations, a fact that can compromise the quality and safety of food. In this context, the objective of the present work was to evaluate the frying process using a methodology for determining the total fat content in fried snacks and by a bibliographical review of published works that also deal with the determination of total lipids in post-frying foods. Then, a sample of fried snack from the Ifes Linhares cafeteria was homogenized, weighed and had its humidity removed in laboratory. Subsequently, it was submitted to the extraction of total lipids in the oil and grease extractor apparatus, during 4 hours and at the temperature of 90°C. The solvent used was hexane. After the lipid extraction and weighing, it was observed that each unit of salt contains about 16g of lipids, or 29% of the daily reference dose. At the same time, the literature review verified the content of lipids in French fries, snacks and fast food. The methodology chosen by the authors were two: Soxhlet extraction and the Bligh & Dyer method. The content of lipids found in the snack samples varied between 9.1g/100g and 28.9g/100g. The percentage of fat in processed foods, such as French fries, was tens of times higher than the value found in natural foods. It was concluded that the absorption of fat in foods submitted to the frying process is significant and their frequent consumption can affect the health of the population.
KEYWORDS: Food, lipids, fried snacks.

1 I INTRODUÇÃO

A dieta alimentar da população brasileira vem sofrendo alterações devido ao estilo de vida que conduz ao consumo de alimentos de preparo rápido ou até mesmo já prontos. Esses alimentos que são na maioria das vezes processados ou ultraprocessados, acabam substituindo as refeições e preparações tradicionais. No geral a composição desses alimentos processados apresenta elevada concentração de energia, gordura, açúcar de adição e sódio (SOUZA *et al*., 2013; DISHCHEKENIAN *et al*., 2011), o que pode, pelo consumo excessivo desses grupos de alimentos, levar ao risco de desenvolvimento de doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT), como: obesidade, hipertensão arterial, diabetes e doenças cardíacas.

A disponibilidade de alimentos processados está cada dia maior, como exemplo, os salgados fritos que estão acessíveis em lanchonetes, cafeterias, cantinas escolares, bares, supermercados, entre outros (ALBUQUERQUE *et al*., 2017). A população costuma consumir os salgados como um elemento da refeição principal e quando isso passa a ser uma prática de rotina pode levar a um desequilíbrio nutricional.

Uma alimentação saudável e equilibrada deve fornecer água, proteínas, carboidratos, lipídeos, fibras, vitaminas e minerais. O consumo de energia (carboidratos, lipídeos e proteínas) necessário para a manutenção da saúde de uma pessoa varia com o sexo, idade, quantidade de atividade física, doenças pré-existentes, dentre outras. No Brasil adota-se como padrão, considerando um indivíduo saudável, uma ingestão média diária de 2000 kcal (BRASIL, 2005).

Numa alimentação a contribuição de gorduras e óleos de todas as fontes não deve ultrapassar os limites de 10% a 30% de energia total diária, priorizando as gorduras insaturadas e no máximo 10% de gordura saturada (BRASIL, 2005).

A partir de 2003, no Brasil, passou-se a exigir (ANVISA, 2003) que os alimentos comercializados apresentassem em suas embalagens as informações nutricionais. Isso de certa forma auxilia o consumidor na escolha de produtos mais saudáveis e também a controlar a ingestão diária de energia. Entretanto, alguns alimentos estão excluídos dessa obrigatoriedade como os preparados e embalados em restaurantes e estabelecimentos comerciais. Um exemplo para esses alimentos são os salgados fritos vendidos em lanchonetes e cantinas escolares. Sabem-se por meio das receitas (ingredientes e quantidades) que os salgados são alimentos altamente energéticos (alto teor de carboidratos e lipídeos), mas qual é o teor médio de lipídeos que agregam a eles após o processo de fritura?

O processo de fritura, além de aumentar o teor de lipídeos nos alimentos, pode comprometer a qualidade e a segurança do alimento frito e do óleo de fritura, devido às transformações químicas possíveis de ocorrerem com a reutilização do óleo e a utilização de temperaturas elevadas (DAMY e JORGE, 2003).

2 I OBJETIVOS

Avaliar o processo de fritura mediante metodologia de determinação do teor de gordura total no salgado frito e por meio de análise de trabalhos publicados que também abordam a temática de determinação de lipídeos totais em alimentos pós-fritura.

3 I MATERIAL E MÉTODOS

A seguir uma breve descrição da metodologia da análise de extração de lipídeos totais e da revisão de artigos científicos sobre a temática teor de lipídeos totais em alimentos pós-fritura.

3.1 Ensaio de extração de lipídeos totais

Foi realizado um ensaio de extração de lipídeos totais em uma unidade de salgado frito da cantina do Ifes/Linhares. Pela boa aceitação dos consumidores e alta frequência de vendas, o salgado escolhido para a análise foi um pastel de pizza. A análise foi realizada segundo método do IAL (2008).

O salgado foi adquirido na cantina e imediatamente levado para o laboratório de química e em seguida foi triturado com auxílio do liquidificador industrial até obter uma certa homogeneidade. Com auxílio do vidro de relógio e papel de filtro (tarados) pesou-se em balança analítica uma massa não inferior a 5g e nem superior a 8g da amostra do

salgado triturado, anotando o valor exato da massa. O conjunto “vidro de relógio + papel de filtro + amostra” foi levado para estufa com temperatura de 105±5°C por aproximadamente uma hora para a remoção da umidade.

Após resfriamento do conjunto em dessecador, enrolou-se o papel de filtro com a amostra de forma a ficar bem fechado e sem risco de ocorrer perdas de material. Em seguida inseriu-o no mini cesto (Figura 1.a), previamente limpo e seco, do aparelho extrator de óleos e graxas (Figura 1.b).

Foram adicionados 100mL de hexano p.a. no reboiler, previamente seco e tarado (Figura 1.c), já posicionado no bloco de aquecimento. Soltou-se com cuidado a trava superior do aparelho (condensador + mini cesto + amostra) e abaixou até o reboiler encaixar perfeitamente com as juntas esmerilhadas. Em seguida foi aberta a entrada de água de resfriamento do aparelho.

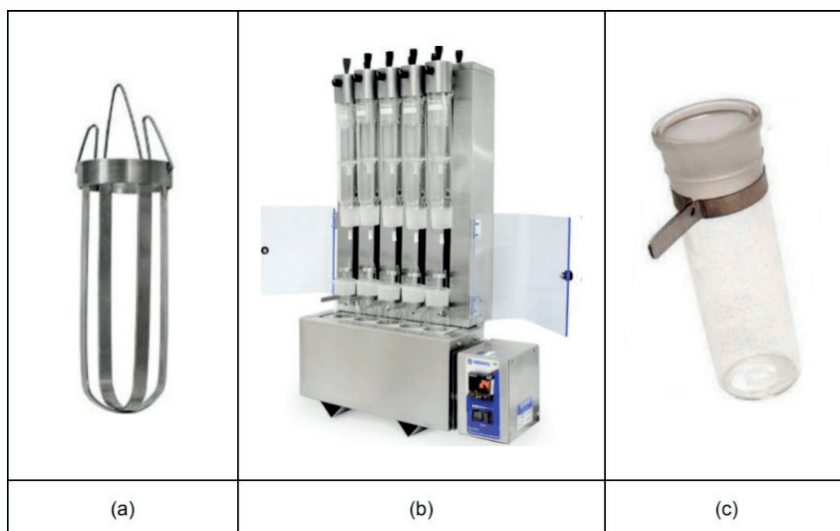



Figura 1: (a) mini cesto; (b) aparelho extrator; (c) reboiler.

Fonte: próprio autor.

Posicionou-se o mini cesto até que a amostra ficasse mergulhada totalmente no solvente durante 4 horas à temperatura de 90°C. Posteriormente, ele foi posto em uma altura intermediária para receber o gotejamento de solvente condensado por mais 30 minutos. Para a recuperação do solvente, a temperatura do aparelho foi elevada até atingir 170 ºC e ergueu-se a vareta que segura o mini cesto até que a tampa de teflon fechasse a saída do solvente. Após a completa recuperação do solvente (aproximadamente 20min) e o resfriamento do sistema, o reboiler foi levado para a completa secagem em estufa

regulada a 105±5°C durante 1 hora. Posteriormente, foi resfriado em dessecador e pesado em balança analítica.

A análise foi feita em duplicata e o cálculo do teor de lipídeos totais das amostras foi determinado por meio da seguinte equação:

Lipídeos Totais (%) = $[(m_2 - m_1) \times 100] \div m_a$

Onde:

m_a: massa da amostra (g)

m_1: massa do reboiler vazio (g)

m_2: massa do reboiler + lipídeo extraído (g)

3.2 Revisão de artigos com abordagem em teor de lipídeos totais nos alimentos pós-fritura

A metodologia da revisão de artigos científicos sobre a temática teor de lipídeos totais em alimentos pós-fritura ocorreu por meio da seleção prévia de trabalhos seguida de leitura seletiva e interpretativa, e por fim com a realização da redação envolvendo a integração da literatura publicada.

Procurou-se extrair dos artigos informações quanto aos tipos de alimentos analisados após a fritura, às metodologias de análise de lipídio total, e principalmente quanto ao teor de gordura total encontrado e ao percentual que tal valor representa na dieta diária.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de extração de lipídeos totais

A tabela 1 apresenta os resultados do ensaio de extração de lipídeos totais na amostra de salgado frito (pastel de pizza) da cantina do Ifes/Linhares. Os resultados para o teor de lipídeos totais obtidos nas réplicas foram relativamente constantes, o que se deve ao procedimento de homogeneidade das amostras.

Após a remoção dos óleos e gorduras no extrator, por constatação pelo tato, os resíduos das amostras contido no papel de filtro apresentaram ausência de lipídeos, indicando que o processo (tipo de solvente e tempo de extração) foi eficiente.

Pode-se dizer também que a remoção de umidade foi efetiva, pois verificou-se visualmente a ausência de água no lipídeo extraído devido ao seu aspecto límpido e translúcido.

Réplicas da amostra	Massa da amostra com umidade (g)	Massa do reboiler vazio (g)	Massa do reboiler + lipídeo extraído (g)	Lipídeos Totais (%)
1	7,4414	139,4694	140,6358	15,7
2	6,6127	136,6255	137,6866	16,0

Tabela 1: Resultados da determinação de lipídeos totais no salgado frito (pastel de pizza).

Considerando a média de 100g por unidade de salgado frito, pode-se dizer que ao ingerir esse alimento o indivíduo consumirá cerca de 16g de lipídeos, o que representa 29% da dose de referência para o teor de gordura por dia (ANVISA, 2003).

Albuquerque *et al*. (2017), em estudo similar realizado em Portugal, também determinaram um contributo entre 7 e 50% (média de 28,5%) da dose referência adotada pelo autor (UNIÃO EUROPEIA, 2011), por unidade de salgado. Portanto, os resultados são correspondentes.

4.2 Revisão de artigos com abordagem em teor de lipídeos totais nos alimentos pós-fritura

Após análise e interpretação dos artigos selecionados sobre o tema, verificou-se que a maioria dos pesquisadores estudaram o teor de lipídeos totais presentes em batata inglesa após processo de fritura. Silva *et al*. (2003) compararam a gordura absorvida pela batata na forma de palito e palha. Pinto *et al.* (2003) e Jesus et al. (2016) verificaram o teor de lipídeos presente nesse alimento quando frito em diferentes tipos de óleo. Mazzini & Zandonadi (2018) por sua vez, avaliaram o conteúdo lipídico em batatas fritas após a submissão a diferentes métodos de pré-fritura.

A grande frequência da batata em artigos com essa temática justifica-se pelo grande consumo desse alimento, com sabor apreciado em todo mundo. Nessa perspectiva, com o objetivo de potencializar sua palatabilidade, ela é comumente sujeita a processos como a fritura, nos quais interage com óleos e gorduras. Nesse processo os alimentos perdem nutrientes e sua água cede lugar aos lipídeos, de modo que alimentos como a batata, que são naturalmente excelentes fontes de energia e carboidratos, possam oferecer riscos à saúde (JESUS *et al*., 2016).

Em Lisboa, Portugal, Albuquerque *et al.* (2017) verificaram o teor de gordura total em 12 tipos de salgados fritos e assados, como empadas, pastéis e crepes. Anteriormente, Smith *et al.* (1985), coletaram amostras de nove tipos de “fast food”, incluindo batatas fritas, salgadinhos, porções de frango e de peixe. Esse estudo foi realizado na Califórnia, Estados Unidos, também com o objetivo de comparar a composição de lipídeos totais e ácidos graxos presentes em cada amostra.

Quanto aos métodos usados pelos autores, nota-se que a determinação de lipídeos nos alimentos é feita preferencialmente através da extração por solventes apolares. Como exemplo, temos a extração em aparelho do tipo Soxhlet, usada por Albuquerque *et al.* (2017), Pinto *et al*. (2003), Jesus *et al.* (2016) e Mazzini & Zandonadi (2018).

A extração do tipo Soxhlet é um procedimento contínuo que opera sem necessidade manual, em que os lipídios são extraídos por um solvente em alta temperatura. Os solventes principais são o éter de petróleo e o hexano, pelo preço mais acessível e pela afinidade que possuem com demais compostos apolares. Posteriormente, é necessária a remoção do solvente por evaporação ou destilação, e por fim os lipídeos são pesados. Vale salientar ainda que tal processo é muito semelhante ao utilizado no laboratório do Ifes/Linhares para determinar o teor de gordura no salgado frito.

Em alternativa, Silva *et al.* (2003) e Smith *et al*. (1985) usaram o método de Bligh & Dyer para a determinação das gorduras totais.

O método descrito por Bligh e Dyer em 1959 é um tipo de extração a frio em que se adiciona uma mistura de clorofórmio-metanol-água à amostra. É indicado para a determinação total de lipídios em alimentos com alto teor de umidade, e apresenta algumas vantagens quando comparado à métodos clássicos como o de Soxhlet. Com o método de Bligh & Dyer, é possível extrair tanto lipídeos apolares como os polares de forma eficiente, e os materiais usados neste procedimento são mais simples, o que facilita sua reprodução e torna-o mais versátil e rápido, de acordo com Smith *et al.* (1985).

Por fim, os resultados dos trabalhos corroboram a ideia de que o teor de lipídios totais dos alimentos quando sujeitos ao processo de fritura aumenta significativamente, potencializando seus riscos à saúde e tornando-os perigosos, principalmente se ingeridos com frequência. Foi verificado por Albuquerque *et al*. (2017) que uma única unidade de determinado salgado pode representar metade do consumo diário de lipídios indicado pela União Europeia, conforme resolução n.º 1169/2011. Também, de acordo com Smith et al. (1985) um alimento como a batata, quando processado, pode conter aproximadamente 200 vezes mais gordura do que em seu estado natural.

O estudo realizado por Albuquerque *et al.* (2017) com os 12 salgados tipos de salgados de Lisboa revelou que o teor de gordura total varia entre 9,1 ± 0,1g/100g (nas pataniscas de bacalhau) e 28,9 ± 0,04g/100g (nas chamuças de carne). Tomando como referência o valor de 70g de lipídeos/dia recomendado (UE, 2011), uma unidade desses salgados exprime desde 7% (pastéis de bacalhau) até 50% (empadas de requeijão) dessa quantia.

Smith *et al.* (1985) trazem dados ainda mais alarmantes, evidenciando que a fritura com alto teor de gordura aumenta muito o conteúdo lipídico total dos lanches, que variou entre 10,1% e 40,4% nos alimentos analisados. Segundo os ensaios, o teor de gordura de batatas cruas fica entre 0,17% e 0,65% enquanto na batata frita e nos chips de batata alcança 13,5% e 40,4%, respectivamente. Já nos filés de peixe, o índice subiu de 1,4%,

quando crus, para 17,5%, após a fritura.

De forma analítica, foi verificado por Silva *et al*. (2003) que a absorção da gordura é proporcional também à superfície de contato do alimento. Ao comparar esse indicador em batatas palito e palha, notou-se que os teores na última foram muito superiores aos encontrados em batatas palito. Além disso, constatou-se que o tipo de óleo ou gordura mais adequado para o processo de fritura varia com a forma e o estado da amostra.

Entretanto, houve a tentativa de comparar os tipos de gordura usados na fritura. Pinto *et al.* (2003) constaram que o óleo de soja apresentou maiores valores de acidez e de peróxidos após o procedimento com batatas chips, seguido pelo óleo de milho e pela gordura vegetal hidrogenada, embora o total de gordura absorvida pelas batatas tenha seguido a sequência contrária (gordura vegetal hidrogenada, óleo de soja e óleo de milho, em ordem crescente de absorção). Jesus *et al.* analisaram a gordura absorvida por batatas palito, e os resultados mostram que a batata frita com o óleo de soja possui 17,5% de lipídios, já o óleo de girassol possui 11,2%.

É válido destacar ainda que enquanto a referência de lipídeos/dia da União Europeia (2011) é de 70g, a Legislação Brasileira, conforme a Resolução RDC n.º 360 da ANVISA (2003), recomenda a ingestão diária máxima de 55g de gorduras totais, para uma dieta de 2.000 kcal. Com base nos indicados pela ANVISA, porções de 100g dos salgados analisados por Albuquerque *et al.* (2017) representam entre 16,5% e 52,5% do consumo de lipídeos totais diários.

5 | CONCLUSÃO

Por meio dos ensaios realizados e após a revisão bibliográfica, foi possível compreender os diferentes métodos de análise de gorduras totais. Vale destacar a importância da homogeneização e da remoção da umidade da amostra. O tipo de extração pode ser escolhido de acordo com as disposições ou requisitos do pesquisador, sendo observado com cuidado o tempo do processo e o tipo de solvente.

Por fim, o principal consenso entre os resultados do ensaio feito no Ifes e os artigos é a relevante absorção de gorduras nos alimentos submetidos ao processo de fritura, que por conseguinte podem representar uma fração significante do consumo diário de lipídeos proposto. Logo, é possível afirmar que o consumo frequente desse tipo de comida pode, a longo prazo, impactar a vitalidade dos indivíduos. Assim, o presente trabalho pode ser útil para avaliação de hábitos alimentares e na previsão de seus efeitos para a saúde da população.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Tania G.; SILVA, Mafalda A.; OLIVEIRA, Maria B. P. P.; COSTA, Helena S. **Efeito do processamento industrial na qualidade e na segurança de salgados prontos para comer.** Brazilian Journal of Food Technology, vol. 20. Campinas, maio, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.1217> Acesso em: 07/04/2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados tornando obrigatória a rotulagem nutricional.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao-por-categoria-de-produto>. Acesso em: 07\04\2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: Promovendo a alimentação saudável / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 236p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

DAMY, Patricia de C.; JORGE, Neuza. **Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua.** Brazilian Journal of Food Technology, vol. 6. Campinas, jul./dez., 2003. Disponível em: <http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/brazilianjournal/free/p03138.pdf> Acesso em: 07/04/2019.

DISHCHEKENIAN, Vera R. M.; ESCRIVÃO, Maria A. M. S.;PALMA, Domingos. **Padrões alimentares de adolescentes obesos e diferentes repercussões metabólicas.** Revista Nutrição, vol. 24. Campinas, jan./fev., 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732011000100002> Acesso em: 07/04/2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p.1020. Versão eletrônica.

JESUS, Jociel H. de; SANTOS, Clésia A. dos; RACOSKI, Bruna; LIMA, Regiane R. O.; BRONDANI, Filomena M. M.; **Teor de lipídios da batata pré-frita: fritura em diferentes óleos.** Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, vol. 7, n. 1, p. 151-164. Jan./jun., 2016. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/357/412> Acesso em: 07/08/2020.

MAZZINI, Yvana P.; ZANDONADI, Renata P.; **Lipid content in French fries after submission to different pre-frying methods.** Journal of Culinary Science & Technology, vol. 17, n. 6, p. 534-541. Jul., 2018.

PINTO, Ellen P.; BORGES, Caroline D.; TEIXEIRA, Andréa M.; ZAMBIAZI, Rui C. **Características da batata frita em óleos com diferentes graus de insaturação**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, vol. 21, n. 2. Curitiba, jul./dez., 2003. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/1166/967> Acesso em: 07/08/2020.

SILVA, Mara R.; CERQUEIRA, Fernanda M.; SILVA, Priscila R. M. **Batatas fritas tipo palito e palha: absorção de gordura e aceitabilidade**. Journal Brazilian Society for Food and Nutrition, vol. 26, p. 51-62. São Paulo, dez., 2003. Disponível em: <http://sban.cloudpainel.com.br/files/revistas_publicacoes/66.pdf> Acesso em: 07/08/2020.

SMITH, L. M.; CLIFFORD, A. J.; CREVELING, R. K.; HAMBLIN, C. L. **Lipid Content and Fatty Acid Profiles of Various Deep-Fat Fried Foods**. Journal of the American Oil Chemists' Society, vol. 62, n. 6, p. 996-999. Davis, California, jun., 1985.

SOUZA, Amanda de M.; PEREIRA, Rosangela A.; YOKOO, Edna M.; LEVY, Renata B.; SICHIERI, Rosaly. **Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de alimentação 2008-2009.** Revista de Saúde Pública, vol. 47. São Paulo, fev. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102013000700005> Acesso em: 07/04/2019.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) n° 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2011**. Jornal Oficial da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:PT:PDF>. Acesso em: 20\08\2020.

CAPÍTULO 12

VERIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE O ÓLEO DE SOJA PODE SOFRER COM A TEMPERATURA ELEVADA E A REUTILIZAÇÃO

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Alícia Sanders de Abreu
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/2654940071540649

Renato César de Souza Oliveira
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/0468783132293549

Marina Cominote
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/0466266555780657

Rafael Torres Teixeira
Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/6412277925029116

RESUMO: A alteração do estilo de vida da população brasileira tem exigido a adaptação de sua dieta com alimentos de preparo rápido ou já prontos, como salgados fritos vendidos em lanchonetes. Além destes naturalmente apresentarem excesso de energia e gordura, o processo de fritura pode comprometer a qualidade do óleo e dos alimentos nele fritos quando ocorrem múltiplos processos de aquecimento/reaquecimento a altas temperaturas. O objetivo do trabalho foi de verificar as possíveis alterações que sofre o óleo de soja exposto à simulação de uso descontínuo através de ensaios determinantes da qualidade de óleos vegetais: índice de acidez, índice de peróxidos e varredura espectral no UV-Vis. Para simular a reutilização do óleo foram expostos 100 ml da amostra adquirida em comércio às temperaturas de 180°C e 250°C, duas vezes ao dia, por três dias consecutivos. Posterior, realizaram-se triplicatas dos métodos titulométricos indicados. A varredura espectral do óleo de soja na faixa do visível corrobora com a observação visual da coloração das amostras, pois verifica-se uma absorbância crescente com o aumento da temperatura de aquecimento dos ensaios. Os resultados obtidos do índice de peróxido mostram que somente o óleo aquecido a 180ºC apresentou um valor superior ao limite estabelecido pela Resolução n° 270 da ANVISA (10 mEq/kg), enquanto que o aquecido a 250°C encontra-se dentro do limite. Isso se deve a instabilidade dos peróxidos que se decompõem em produtos secundários de oxidação. O índice de acidez apresentou resultados crescentes com o aumento da temperatura revelando que o aquecimento estimula a hidrólise dos glicerídeos. Através do estudo dos parâmetros analisados, concluiu-se que o óleo sob simulação de uso descontínuo sofreu alterações físicas e químicas, porém verificou-se que o índice de peróxido não deve ser usado isoladamente para avaliar as alterações do óleo.

PALAVRAS - CHAVE: Alimentação, lipídeos, óleo de soja.

VERIFICATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL ALTERATIONS THAT MAY HAPPEN TO THE SOYBEAN OIL HEATED AT HIGH TEMPERATURES AND REUSED

ABSTRACT: The changing lifestyle of the Brazilian population has made them change their diet with fast-prepared or already made foods, such as fried snacks sold in snack bars. In addition to these naturally presenting much energy and fat, the frying process could result in the quality of the oil and the food fried in it being compromised when many heating/reheating processes occur at high temperatures. The objective of the work was to verify the possible alterations that the soybean oil exposed to the simulation of discontinuous use might have suffered, through tests that can determine the quality of vegetable oils: acidity index, peroxide value and UV-Vis spectrophotometer scanning. To simulate the reuse of the oil, 100 ml of a commercially purchased sample were exposed to temperatures of 180°C and 250°C, twice a day, for three consecutive days. Then, the nominated titulometric methods were performed three times each. The spectral scanning of the oil in the visible range corroborates with the visual observation of the color of the samples, since there is an increasing absorbance with the increase in the heating temperature of the tests. The results obtained from the determination of the peroxide value show that only the oil heated to 180ºC presented a value higher than the limit established by the 270th ANVISA Resolution (10 mEq/kg), while the oil heated to 250ºC is within the range. This probably happens due to the instability of peroxides that decompose into secondary oxidation products. The acidity index showed increasing results with the increase in temperature, revealing that the heating stimulates the hydrolysis of glycerides. In conclusion, the analyzed parameters can state that the oil under discontinuous use simulation suffers physical and chemical alterations, although it was noticeable that only using the peroxide index is not reliable to evaluate the oil.
KEYWORDS: Food, lipids, soybean oil.

1 I INTRODUÇÃO

A dieta alimentar da população brasileira vem sofrendo alterações devido ao estilo de vida que conduz ao consumo de alimentos de preparo rápido ou até mesmo já prontos. Esses alimentos que são na maioria das vezes processados ou ultraprocessados, acabam substituindo as refeições e preparações tradicionais. No geral a composição desses alimentos processados apresenta elevada concentração de energia, gordura, açúcar de adição e sódio (SOUZA *et al.*, 2013; DISHCHEKENIAN *et al.*, 2011), o que pode, pelo consumo excessivo desses grupos de alimentos, levar ao risco de desenvolvimento de doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT), como: obesidade, hipertensão arterial, diabetes e doenças cardíacas.

A disponibilidade de alimentos processados está cada dia maior, como exemplo, os salgados fritos que estão acessíveis em lanchonetes, cafeterias, cantinas escolares, bares, supermercados, entre outros (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017). A população costuma consumir os salgados como um elemento da refeição principal e quando isso passa a ser uma prática de rotina pode levar a um desequilíbrio nutricional.

Uma alimentação saudável e equilibrada deve fornecer água, proteínas, carboidratos, lipídeos, fibras, vitaminas e minerais. O consumo de energia (carboidratos, lipídeos e proteínas) necessário para a manutenção da saúde de uma pessoa varia com o sexo, idade, quantidade de atividade física, doenças pré-existentes, dentre outras. No Brasil adota-se como padrão, considerando um indivíduo saudável, uma ingestão média diária de 2000 kcal (BRASIL, 2005).

Numa alimentação a contribuição de gorduras e óleos de todas as fontes não deve ultrapassar os limites de 10% a 30% de energia total diária, priorizando as gorduras insaturadas e no máximo 10% de gordura saturada (BRASIL, 2005).

A partir de 2003, no Brasil, passou-se a exigir (ANVISA, 2003) que os alimentos comercializados apresentassem em suas embalagens as informações nutricionais. Isso de certa forma auxilia o consumidor na escolha de produtos mais saudáveis e também a controlar a ingestão diária de energia. Entretanto, alguns alimentos estão excluídos dessa obrigatoriedade como os preparados e embalados em restaurantes e estabelecimentos comerciais. Um exemplo para esses alimentos são os salgados fritos vendidos em lanchonetes e cantinas escolares. Sabem-se por meio das receitas (ingredientes e quantidades) que os salgados são alimentos altamente energéticos (alto teor de carboidratos e lipídeos), mas qual é o teor médio de lipídeos que agregam a eles após o processo de fritura?

O processo de fritura, além de aumentar o teor de lipídeos nos alimentos, pode comprometer a qualidade e a segurança do alimento frito e do óleo de fritura, devido às transformações químicas possíveis de ocorrerem com a reutilização do óleo e a utilização de temperaturas elevadas (DAMY e JORGE, 2003).

2 | OBJETIVOS

Avaliar o processo de fritura mediante simulação de reutilização do óleo e verificar as possíveis alterações físico-químicas que o óleo de soja pode sofrer através de ensaios de índice de acidez, índice de peróxidos e varredura espectral no UV-Vis.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de óleo de soja usada nos ensaios foi adquirida no comércio e submetida a duas temperaturas: uma é a que se sugere para a fritura nas receitas, 180°C, e a outra mais elevada próxima de 250°C. A simulação da reutilização de óleo foi realizada submetendo 100 ml a altas temperaturas, duas vezes ao dia, por três dias consecutivos, em béquer de forma baixa (capacidade de 1L), deixando o óleo em maior contato com o oxigênio do ar (figura 1). O aquecimento foi controlado por chapa aquecedora e monitorado com termômetro de mercúrio (figura 1).

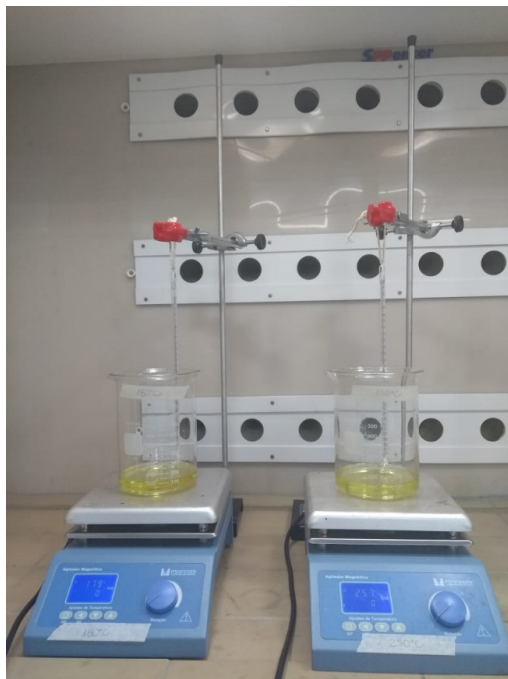



Figura 1: estrutura montada para simulação de reutilização do óleo.

Fonte: próprio autor.

Os ensaios de verificação de alterações do óleo realizaram-se por meio dos parâmetros de índice de acidez e índice de peróxidos e também pela varredura espectral na faixa do UV e Vis. Os índices de acidez e peróxidos são utilizados pela ANVISA (2005) para determinar a qualidade do óleo vegetal. Esses dois parâmetros foram analisados por métodos titulométricos conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A seguir uma breve descrição desses 3 ensaios de verificação da qualidade do óleo de soja.

3.1 Determinação do índice de acidez

Para a realização do procedimento pesou-se, em balança semi-analítica, 2g da amostra de óleo em Erlenmeyer de 125 ml, anotando-se o valor exato da massa. Em seguida, adicionou-se 20 ml de solução éter-álcool (2:1) neutra, sob agitação manual. Após o sistema óleo-éter-álcool tornar-se homogêneo, foram adicionadas 4 gotas de solução indicadora fenolftaleína, e, em sequência, realizada a titulação da amostra com solução de hidróxido de sódio 0,01 M, até que ela se tornasse rosada. O volume gasto na titulação foi acompanhado em bureta com capacidade de 25,00 ml.

Foram realizadas triplicatas para cada tipo de óleo da simulação: óleo novo sem

aquecimento, óleo aquecido a 180°C e óleo aquecido a 250°C.

O cálculo do índice de acidez das amostras foi determinado por meio da equação 1.

$$\text{Índice de Acidez } (mg \text{ de } KOH/g \text{ de óleo}) = \frac{M \times V \times f \times 56{,}1}{m}$$

Equação 1, onde:

M = Concentração Molar (0,1 ou 0,01 mol/l) da solução de hidróxido de sódio ou de potássio.

V = Volume (ml) da solução de hidróxido de sódio ou de potássio gasto na titulação.

f = **Concentração Real/Concentração Teórica**, é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio ou de potássio.

m = Massa (g) da amostra de óleo.

3.2 Determinação do índice de peróxido

Para o teste pesou-se aproximadamente 5 g da amostra em frasco Erlenmeyer de 125 ml, anotando-se o valor exato da massa. Em seguida, adicionou-se 30 ml de solução ácido acético-clorofórmio 3:2 v/v, sob agitação manual até completa dissolução. Após o sistema óleo-ácido acético-clorofórmio tornar-se homogêneo, foi adicionado 0,5 ml de solução saturada de iodeto de potássio (KI) e a amostra foi deixada em repouso ao abrigo da luz por exatamente um minuto, tornando-se amarelo-escura. Acrescentou-se 30 ml de água destilada e a amostra foi titulada com solução de tiossulfato de sódio 0,1 N ($Na_2S_2O_3$) até quase desaparecer sua cor amarela. Finalmente, adicionou-se 0,5 ml de solução de amido 1% m/v indicadora à amostra, tornando-a azul. A amostra continuou a ser titulada até o completo desaparecimento da coloração.

O volume gasto na titulação foi acompanhado em bureta de 25,00 ml. Foram feitas triplicatas para as amostras de óleo aquecido a 180°C e aquecido a 250°, porém, por falta de reagente, não se realizou ensaio com o óleo sem aquecimento para comparação. Foi muito difícil a observação do ponto de viragem e duas das triplicatas do óleo aquecido a 250°C foram descartadas.

O cálculo do índice de peróxido da amostra que restou foi determinado por meio da equação 2.

$$\text{Índice de Peróxido em } mEq \text{ por } 1000\ g \text{ da amostra} = \frac{(VA - VB) \times N \times f \times 1000}{m}$$

Equação 2, onde:

VA = Volume (ml) da solução de tiossulfato de sódio 0,1N (ou 0,01 N) gasto na titulação da Amostra.

VB = Volume (ml) da solução de tio tiossulfato de sódio 0,1N (ou 0,01 N) gasto na

titulação da prova em Branco (ensaio sem adição da amostra).

N = Normalidade da solução de tiossulfato de sódio.

f = **Concentração Real/Concentração Teórica**, é o fator de correção da solução de tiossulfato de sódio.

m = Massa (g) da amostra de óleo.

3.2.1 Padronização da solução de tiossulfato ($Na_2S_2O_3$)

A solução de tiossulfato de sódio penta hidratado 0,1 N (0,05 mol/L) foi padronizada no dia de sua utilização no procedimento de determinação do índice de peróxido das amostras de óleo aquecido.

Para a padronização da solução, pesou-se em balança analítica próximo de 0,02 g de iodato de potássio (KIO_3) em Erlenmeyer de 125 ml (anotando o valor exato da massa), que foi dessecado em estufa a 150°C-180°C por uma hora. Dissolveu-se o iodato dessecado em 20 ml de água destilada. Em seguida, acrescentou-se 1,5 g de iodeto de potássio, pesado em balança semi-analítica. Adicionou-se 10ml de solução de ácido clorídrico 1 mol/L, tornando a amostra amarelo-escura e titulou-se em bureta de 25 ml com a solução de tiossulfato de sódio a ser padronizada, até que tornasse amarelo fraco. Finalmente, adicionou-se 2 ml de solução de amido 1% m/v indicadora, o que deixou a amostra azul. Em seguida continuou a titulação até o completo desaparecimento da cor azul.

A estequiometria da reação é: 1 mol de IO_3^- = 3 mol de I_2 = 6 mol de $S_2O_3^{2-}$

Cálculo da Concentração Real em Normalidade (N):

$$N = \frac{massa\ do\ KIO_3 (em\ gramas)}{Volume\ gasto\ do\ Na_2S_2O_3\ na\ titulação\ (em\ ml)}\ x\ 56,1$$

O procedimento foi repetido mais duas vezes para obter uma média simples da concentração real da solução.

3.3 Varredura espectral na faixa do UV e Vis

As amostras de óleo sem aquecimento, com aquecimento a 180°C e outra a 250°C foram transferidas separadamente para cubeta de quartzo sem nenhum pré-tratamento ou diluição e em seguida submetidas a varredura de absorbância na faixa de 200-800 nm em espectrofotômetro Agilent-Cary60/UV-Vis.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cabe ressaltar que os óleos apresentam em sua composição substâncias de duas categorias: os glicerídeos e os não glicerídeos, sendo que os glicerídeos representam a maioria. Os glicerídeos são definidos como produtos da esterificação de uma molécula de glicerol com até 3 moléculas de ácidos graxos saturados ou insaturados. No processo de

fritura o óleo é submetido a diversos fatores que provocam várias transformações químicas, tais como: 1) hidrólise, levando a formação de ácidos graxos livres; 2) oxidação, formando peróxidos, hidroperóxidos, dienos conjugados e outros compostos; 3) polimerização, que ocorre mediante pequenas moléculas associando os glicerídeos (DEL RÉ e JORGE, 2006; AMARAL *et al.*, 2013; SANIBAL e MANCINI-FILHO, 2002; RAMALHO e JORGE, 2006). A presença de ácidos graxos insaturados no óleo também proporciona uma maior oxidação, pois o oxigênio atmosférico ou aquele que está dissolvido no óleo irá interagir com as insaturações (CORSINI *et al.*, 2008).

Após os ensaios de simulação de utilização e reutilização (processo de uso descontínuo), sob aquecimento e exposição ao ar, verificou-se visualmente características de oxidação do óleo de soja como o escurecimento (figura 2). Constatou-se também de forma sensorial um aumento na viscosidade e isso se deve, segundo Malacrida e Jorge (2003), a polimerização do óleo.

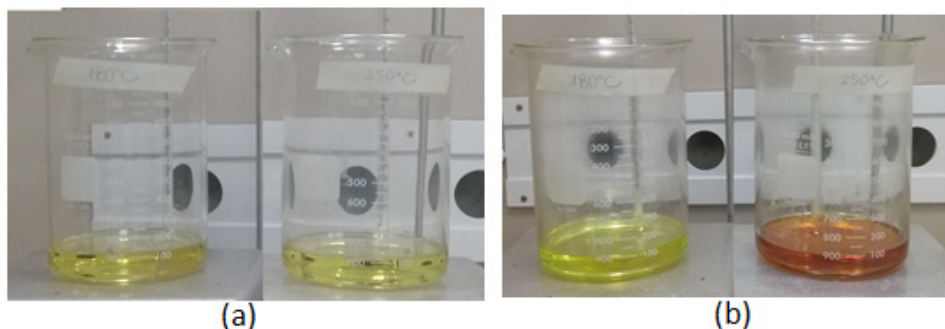



Figura 2: Amostras de óleo (a) antes e (b) após a simulação da reutilização com aquecimento a 180°C e a 250°C, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Os resultados da varredura espectral do óleo de soja (figura 3) na faixa do visível (400 a 750 nm) corroboram com a observação visual da coloração das amostras, pois verifica-se uma absorbância na faixa de 400 a 550nm crescente com o aumento da temperatura de aquecimento dos ensaios.

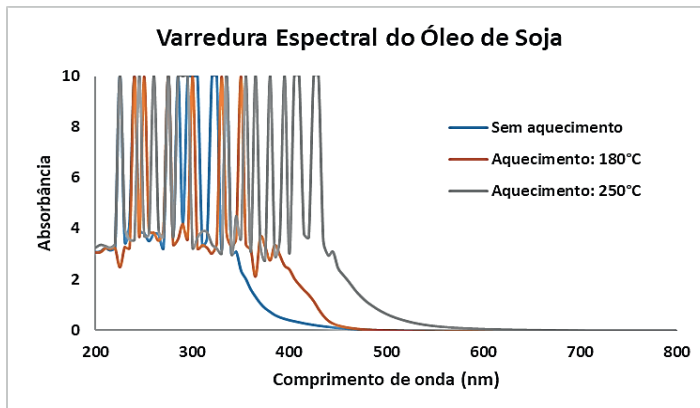



Figura 3: Varredura espectral do óleo de soja antes e após a simulação de reutilização.

Fonte: Próprio autor.

Na faixa do Ultravioleta (200 a 400nm), observa-se que a absorção ultrapassou a escala (figura 3), sendo necessário fazer a leitura numa cubeta com caminho óptico menor ou diluição das amostras de óleo com solvente adequado. Segundo Cella *et al*. (2002), Del Ré e Jorge (2006), Araújo *et al*. (2015), a varredura espectral na faixa do Ultravioleta das amostras de óleo indica possíveis alterações que ocorrem por meio da oxidação dos ácidos graxos insaturados formando dienos conjugados, que podem ser monitorados por absorção em 232 a 234 nm, e ou pelo deslocamento de banda (efeito batocrômico), e ou aumento da intensidade da absorção.

O grau de oxidação do óleo também pode ser acompanhado analisando o Índice de Peróxidos. Esse método determina de forma indireta a presença de hidroperóxidos. Os resultados obtidos desse parâmetro nas amostras dos ensaios (tabela 1) mostram que somente o óleo aquecido a 180ºC apresentou um valor superior ao limite estabelecido pela Resolução n° 270 da ANVISA (10 mEq/kg), enquanto que o aquecido a 250°C encontra-se dentro do limite. Isso se deve a instabilidade dos peróxidos que possivelmente se decompõem em produtos secundários de oxidação (CELLA *et al*., 2002). Em estudos realizados por Araújo *et al*. (2015), Damy e Jorge (2003), Del Ré e Jorge (2006), observaram resultados equivalentes mostrando que esse parâmetro é apropriado somente para avaliar o estágio inicial da oxidação durante o aquecimento, pois os hidroperóxidos decompõem-se rapidamente.

Amostras de óleo de soja		Massa de óleo (g)	Volume de Tiossulfato de sódio 0,01 N gasto na titulação (mL)	Índice de Peróxido (mEq/Kg)	**MÉDIA Índice de Peróxido** (mEq/Kg)
Prova em Branco	1	-	0,00	-	-
Sem aquecimento	Por falta de reagente, não foi possível realizar o ensaio.				
Aquecido a 180°C	1	5,023	13,60	27,07545	27,25
	2	5,020	15,40	30,67729	
	3	5,004	12,00	23,98082	
Aquecido a 250°C	1	5,014	*	*	5,59
	2	5,011	2,80	5,58771	
	3	5,058	*	*	

* dificuldade de observar o ponto de viragem.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de Índice de Peróxido nas amostras de óleo.

Fonte: Próprio autor.

O Índice de Acidez indica a presença de ácidos graxos livres no óleo. O aumento da acidez das amostras após aquecimento (tabela 2) revelou que temperaturas elevadas estimulam a hidrólise dos glicerídeos. Esse comportamento do índice de acidez também foi observado por Araújo *et al.* (2015); Damy e Jorge (2003).

Amostras de óleo de soja		Massa de óleo (g)	Volume de NaOH 0,01 M gasto na titulação (mL)	Índice de acidez (mg KOH/g)	**MÉDIA Índice de acidez** (mg KOH/g)
Sem aquecimento	1	2,001	2,70	0,91889	0,95
	2	2,010	2,70	0,91478	
	3	2,010	3,00	1,01642	
Aquecido a 180°C	1	2,001	5,40	1,83778	1,79
	2	2,010	5,25	1,77873	
	3	2,009	5,20	1,76267	
Aquecido a 250°C	1	2,001	6,25	2,12706	1,98
	2	2,010	5,60	1,89731	
	3	2,010	5,70	1,93119	

Tabela 2: Resultados dos ensaios de Índice de Acidez nas amostras de óleo.

Fonte: Próprio autor

O que chama atenção na tabela 2 é que todas as amostras apresentaram valores de acidez acima do limite estabelecido pela Resolução n° 270 da ANVISA (0,6 mg KOH/g). Entretanto, a amostra de óleo adquirida no mercado estava dentro do prazo de validade

e foi devidamente armazenada no laboratório antes dos ensaios, mas para efeito de investigação seria necessário analisar a acidez em outra amostra de óleo da mesma marca. Outro possível fator que poderia levar a esse resultado foi a dificuldade de visualizar o ponto de viragem.

5 I CONCLUSÃO

Em suma, pode-se concluir através desse estudo que o óleo sob simulação de uso descontínuo sofreu alterações físicas e químicas como organolépticas, oxidativas, hidrolíticas e de polimerização, algumas perceptíveis de forma sensorial e outras analíticas por meio dos parâmetros índice de acidez, índice de peróxidos e também varredura espectral na faixa do UV e Vis. Devido à rápida decomposição dos hidroperóxidos, constatou-se que o índice de peróxidos é apropriado somente para avaliar o estágio inicial da oxidação durante o aquecimento e, portanto, não deve ser usado sozinho como parâmetro definitivo das alterações do óleo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Tania G.; SILVA, Mafalda A.; OLIVEIRA, Maria B. P. P.; COSTA, Helena S. **Efeito do processamento industrial na qualidade e na segurança de salgados prontos para comer.** Brazilian Journal of Food Technology, vol. 20. Campinas, maio, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.1217> Acesso em: 07/04/2019.

AMARAL, Daniela A.; FERREIRA, Vívian F.; SALVADOR, Laura I. de S.; FERREIRA, Cláudia C. **Degradação de óleos e gorduras de fritura de pastelarias da região Centro-Sul de Belo Horizonte, MG.** HU Revista, Juiz de Fora, v. 39, n. 1 e 2, jan/jun. 2013. Disponível em: <http://ojs2.ufjf.emnuvens.com.br/hurevista/article/view/2038> Acesso em: 07/04/2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e cremes vegetais.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao-por-categoria-de-produto>. Acesso em: 07\04\2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados tornando obrigatória a rotulagem nutricional.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao-por-categoria-de-produto>. Acesso em: 07\04\2019.

ARAÚJO, A. P. C.; DA SILVA, C. V.; MONTE, A. F. G.; BATISTA, F. R. X. **Avaliação do sobreaquecimento de óleos vegetais através de análises químicas e espectroscopia uv/visível**, XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Blucher Chemical Engineering Proceedings, Volume 1, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/chemeng-cobeq2014-1851-17213-150134> Acesso em: 01/06/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: Promovendo a alimentação saudável / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição.** Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 236p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal**. Cienc. Tecnol. Aliment., v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v22n2/a02v22n2.pdf> Acesso em: 01/06/2020.

CORSINI, M. S.; JORGE, N.; MIGUEL, A. M. R. de O.; VICENTE, E. **Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura**. Química Nova, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500003> Acesso em: 01/06/2020.

DAMY, Patricia de C.; JORGE, Neuza. **Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua.** Brazilian Journal of Food Technology, vol. 6. Campinas, jul./dez., 2003. Disponível em: <http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/brazilianjournal/free/p03138.pdf> Acesso em: 07/04/2019.

DEL RÉ, Patrícia Vieira; JORGE, Neuza. **Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(1): 56-63, jan.-mar. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28849.pdf> Acesso em: 01/06/2020.

DISHCHEKENIAN, Vera R. M.; ESCRIVÃO, Maria A. M. S.;PALMA, Domingos. **Padrões alimentares de adolescentes obesos e diferentes repercussões metabólicas.** Revista Nutrição, vol. 24. Campinas, jan./fev., 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732011000100002> Acesso em: 07/04/2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p.1020. Versão eletrônica.

MALACRIDA, Cássia R.; JORGE, Neuza. **Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê-óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips**. Brazilian Journal of Food Technology, vol. 6, jul./dez., 2003. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/brazilianjournal/free/p03137.pdf> Acesso em: 07/04/2019.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos**. Química Nova, São José do Rio Preto, v. 29, n. 4, p.755-760, 2006. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2006/vol29n4/22-RV04183.pdf> Acesso em: 01/06/2020.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI-FILHO, J. **Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura**. Food Ingred. South Am., v. 18, p. 64-71, 2002. Disponível em: <http://hygeia.fsp.usp.br/~eatorres/gradu/frituras.pdf> Acesso em: 01/06/2020.

SOUZA, Amanda de M.; PEREIRA, Rosangela A.; YOKOO, Edna M.; LEVY, Renata B.; SICHIERI, Rosaly. **Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de alimentação 2008-2009**. Revista de Saúde Pública, vol. 47. São Paulo, fev. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102013000700005> Acesso em: 07/04/2019.

CAPÍTULO 13

EFEITO DA COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum B.*) NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS (*Psidium guajava L.*)

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 12/01/2021

Giovanna Macedo Garcia
Fundação Educacional do Município de Assis
FEMA/IMESA
Assis-SP
http://lattes.cnpq.br/9472680879978233

Mary Leiva de Faria
Fundação Educacional do Município de Assis
FEMA/IMESA
Assis-SP
http://lattes.cnpq.br/8041375702187155

Elaine Soares Amorim
Fundação Educacional do Município de Assis
FEMA/IMESA
Assis-SP
http://lattes.cnpq.br/5029434075956205

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de revestimento comestível à base de amido de mandioca e óleo essencial de canela na conservação pós-colheita de goiabas. Para obtenção do óleo essencial foi empregada a técnica de hidro destilação. Foram preparados dois revestimentos: um com 3% de amido e 0,9% de glicerol e outro com 3% de amido, 0,9% de glicerol e 0,5% de óleo essencial, utilizando água como solvente. As goiabas foram recobertas pela técnica de imersão e depois de secas foram armazenadas a temperatura ambiente, juntamente com as goiabas *in natura,* para o estudo da vida útil durante 13 dias. Foram retiradas amostras e feitas análises físico-químicas no 1º, 7º e 13º dia de duração do experimento. O revestimento das goiabas resultou em menor perda de massa e grau de maturação e melhor aspecto visual das frutas, quando comparadas às goiabas *in natura*. Com relação às características físico-químicas da fruta, como acidez total titulável e teor de humidade, mínimas alterações foram observadas durante o período de estudo, para as frutas revestidas. Já as variações de pH foram mínimas tanto para as frutas com revestimento quanto para as frutas sem revestimento. As análises microbiológicas demonstraram que o emprego de coberturas possibilitou uma redução na velocidade de crescimento de bolores e leveduras nas frutas, especialmente a cobertura contendo óleo de canela. As coberturas empregadas neste estudo foram eficientes para controlar o amadurecimento das goiabas, permitindo estender a sua vida útil em relação ás goiabas padrão (*in natura*, sem cobertura). A preservação da fruta com o revestimento foi comprovada sensorialmente pela intenção de compra.

PALAVRAS - CHAVE: goiaba, amido de mandioca, revestimento, óleo essencial, canela.

THE EFFECT OF EDIBLE COATING OF CASSAVA STARCH AND CINNAMON ESSENCIAL OIL (C*innamomum zeylanicum B.*) ON CONSERVATION OF GUAVA (*Psidium guajava L.*) POST-HARVEST

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of the application of edible coating of cassava starch and cinnamon essential oil on the preservation of guavas post-harvest. To

obtain the essential oil, the hydro distillation technique was employed. Two coatings were prepared: one with 3% starch and 0.9% glycerol and another with 3% starch, 0.9% glycerol and 0.5% essential oil using water as a solvent. The guavas were coated using the immersion technique and, after drying, were stored at room temperature together with the *fresh* guavas to study the shelf life for 13 days. Samples were taken and physicochemical analyzes were performed on the 1st, 7th and 13th day of the experiment. The coating of the guavas resulted in less mass loss, lower degree of maturation and better visual appearance of the fruit when compared to *fresh* guavas. Regarding the physicochemical characteristics of the fruit, such as total titratable acidity and moisture content, minimal changes were observed during the study period for coated fruit. The pH variations were minimal for both coated and uncoated fruit. Microbiological analyzes showed that the use of coatings allowed a reduction in the growth rate of mold and yeast in fruit, especially the coating containing cinnamon oil. The coatings used in this study were efficient in controlling the ripening of the guavas, allowing to extend its shelf life in relation to the standard guava (*in natura*, without coating). The preservation of the fruit with the coating was proven sensorially by the intention to purchase.
KEYWORDS: guava, cassava starch, coating, essential oil, cinnamon.

1 I INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava L.*) é uma fruta nativa da América tropical que apresenta excelente qualidade nutricional, sendo rica em zinco, fibras, vitamina C, Vitamina E, Vitamina A, B6 e B2, ácido fólico, cálcio e carotenóides, que são compostos com propriedades antioxidantes, e cujo maior representante no fruto, é o licopeno, expressando cerca de 80% destes carotenóides (COSTA et al., 2017; COELHO et al., 2017). A fruta é amplamente consumida *in natura* e o crescimento desse mercado consumidor está atrelado à qualidade dos frutos e ao aumento da vida útil na pós colheita, tendo em vista que a goiaba é um fruto altamente perecível em virtude de seu acentuado metabolismo durante o amadurecimento, o que impede seu armazenamento por longos períodos. Sua alta perecibilidade, dificulta sua disponibilidade no mercado, podendo levar a perdas significativas pós-colheita, sendo necessário o emprego de algumas técnicas, como controle de temperatura e umidade na armazenagem ou a aplicação de coberturas com o intuito de regular trocas gasosas e, assim, aumentar seu período de conservação e consequentemente seu potencial de consumo (FAKHOURI, GROSSO, 2003; COELHO et al., 2017). Os revestimentos ou coberturas comestíveis desempenham um papel decisivo na melhoria da vida de prateleira de alimentos, visto que regulam atividades metabólicas dos frutos, podendo ser utilizadas para inibir ou diminuir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas, lipídios para o ambiente, reduzindo a taxa de respiração e alterações de textura, levando a melhora da integridade mecânica e aparência dos frutos. Formam uma fina película sobre a superfície das frutas, que funciona como proteção adicional ou em substituição à cobertura de cera natural da cutícula do fruto. A estes revestimentos podem ainda ser adicionados ingredientes ativos que podem interagir com o produto, contribuindo para a preservação de

sua qualidade e de sua segurança. Estes revestimentos incorporados de aditivos uma vez em contato com a superfície do fruto liberam gradativamente o composto para a superfície do alimento. É nesta superfície que a maioria das reações químicas e microbiológicas ocorre (FAKHOURI, GROSSO, 2003; COSTA et al., 2017; COELHO et al., 2017).

O emprego de revestimentos pode exercer efeito semelhante ao emprego de estocagem sob atmosfera controlada, pois estes reduzem a permeação de O_2 para o interior do fruto e eleva o teor de CO_2 sobre a taxa de respiração, diminuindo a síntese do etileno, uma vez que este necessita de O_2 para sua produção (LUVIELMO; LAMAS, 2012; FAKHOURI, GROSSO, 2003). Além disso, o oxigênio é um meio de deterioração de alimentos pela oxidação de lipídeos, vitaminas, pigmentos e componentes de *flavor*. A reação ocorre em decorrência de injúrias mecânicas pós-colheita que permitem acesso do oxigênio aos tecidos, bem como o contato da enzima polifenoloxidase com o substrato. Como resultado principal tem-se a formação de melaninas, pigmentos escuros que contribuem para a não aceitação das frutas. Uma vez que o oxigênio é necessário para iniciar a reação, o emprego de revestimentos comestíveis pode ser benéfico para reduzir taxas de escurecimento enzimático. As propriedades de barreira dos revestimentos não só ao transporte de gases, mas também de vapor de água são importantes, pois a perda de água de produtos armazenados tem como consequência a perda de peso e de qualidade deste produto, especialmente pelas modificações na textura (OLIVEIRA; GRDEN, RIBEIRO, 2007; LUVIELMO; LAMAS, 2012). Os revestimentos possibilitam também a prevenção de infestação por micro-organismos, pois a maioria dos micro-organismos que colonizam os tecidos de frutas é formada por fungos e bactérias "oportunistas", as quais não conseguem penetrar de forma isolada e se utilizam de aberturas e injúrias superficiais para invadirem tecidos internos (ASSIS; BRITTO, 2014).

Existem várias matérias-primas utilizadas na produção de coberturas comestíveis. Os compostos mais utilizados são as proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteína miofibrilares) os polissacarídeos (amido e seus derivados, celulose e seus derivados, quitosana, pectina, alginato e carragena) e os lipídios (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo). Plastificantes como glicerol e sorbitol são empregados na composição desses revestimentos para melhorar propriedades físicas ou mecânicas como flexibilidade, força e resistência do revestimento (LUVIELMO; LAMAS, 2012; COSTA et al., 2017)

Os polissacarídeos permitem a passagem de vapor de água, apresentado mínima propriedade de barreira contra umidade, devido seu caráter hidrofílico, e impedem a permeação de gases, surtindo um efeito parecido com estocagem sob atmosfera controlada. Embora sejam materiais naturalmente hidrofílicos, alguns quando aplicados na forma de gel, podem retardar a perda de umidade de alguns alimentos, em virtude de sua ação como agente sacrificante, ou seja, a umidade do gel evapora antes da desidratação do alimento revestido (COSTA et al., 2017; LUVIELMO; LAMAS, 2012). Além disso, a incorporação

de óleos essenciais a esta matriz polimérica apresenta-se como uma alternativa para a preparação de filmes ativos que protegem o alimento de interesse, possibilitando ação antimicrobiana e antioxidante (COELHO et al. 2017). Entre os óleos essenciais com atividade antimicrobiana, que pode ser incorporado esta matriz polimérica, tem-se o Cinnamomum zeylanicum, conhecido popularmente como canela (ANDRADE et al, 2012). Visando então o desenvolvimento de novas formas de preservação de alimentos, que sejam eficientes, de baixo custo e de fácil obtenção, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do revestimento comestível a base de amido de mandioca e óleo essencial de canela (Cinnamomum zeylanicum Breym) na preservação de goiabas armazenadas à temperatura ambiente, no período de 13 dias.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foi utilizado o amido de mandioca nativo (*Manihot esculenta*), fornecido pela Syral Halotek do Brasil (Palmital, SP), glicerol comercial (Dinâmica Brasil). A canela (*Cinnamomum zeylanicum*) foi adquirida em estabelecimentos comerciais da cidade de Assis-SP, Brasil e as goiabas vermelhas, da variedade Tailandesa, na cidade de Maracai-SP, Brasil.

2.2 Obtenção do óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*)

O óleo essencial de canela foi extraído das cascas de tronco secas. Para obtenção do óleo essencial foi empregada à técnica de hidrodestilação, utilizando-se um aparelho de Clevenger, destilando-se por 2,5 horas. O hidrolato passou por centrifugação a 3400 rpm por cinco minutos. Para completa secagem do óleo foi adicionado ao mesmo sulfato de sódio. O óleo essencial obtido ficou armazenado em vidro âmbar e mantido sob refrigeração (ANDRADE et al., 2012).

2.3 Seleção e preparação das frutas

A seleção foi realizada levando-se em consideração a cor das frutas como indicativo do grau de maturação, a presença de machucados e o tamanho, de forma a estabelecer um lote o mais homogêneo possível. Primeiramente as goiabas foram lavadas e higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. Os frutos permaneceram submersos nesta solução por 15 minutos e, em seguida, foram enxaguados e submersos por mais 15 minutos em água gelada, para reduzir a taxa de respiração. Em seguida as frutas foram divididas em 3 lotes: um lote controle e dois para a aplicação dos revestimentos e levadas a uma estufa de ar forçado em temperatura ambiente por 21 horas.

2.4 Revestimento a base de amido

Para elaboração do revestimento a base de amido foi utilizada 9 g de amido

de mandioca, 2,7 g de glicerol e 288,3 g de água destilada. A suspensão passou por aquecimento a 95 °C por 10 minutos, sob agitação constante em agitador magnético para a gelatinização do amido. Em seguida a solução foi resfriada (≅ 25 °C) para o recobrimento das goiabas.

2.5 Revestimento a base de amido e óleo essencial de canela

Para elaboração deste revestimento foram utilizados 9 g de amido de mandioca, 2,7 g de glicerol, 1,5 g de óleo essencial e 286,8 g de água destilada. A suspensão passou por aquecimento a 95 °C por 10 minutos, sob agitação constante em agitador magnético para a gelatinização do amido. Em seguida a solução foi resfriada (≅ 25 °C) para o recobrimento das goiabas.

2.6 Recobrimento das goiabas

As goiabas foram recobertas pela técnica de imersão, permanecendo 1min na suspensão do revestimento. Após este período, as goiabas recobertas ficaram suspensas através do pedúnculo para a retirada do excesso e para a secagem da cobertura. As frutas foram secas a temperatura ambiente e separadas por 3 lotes (5 goiabas/lote) de frutas correspondentes a cada tratamento estudado. No tratamento 1, as goiabas frescas sem cobertura funcionaram como controle. No tratamento 2, as goiabas foram imersas na solução formadora de filme de amido. No tratamento 3, as goiabas foram imersas na solução formadora de filme de amido e óleo essencial de canela. Após a secagem, passou-se os frutos para bandejas plásticas e mantidos a temperatura ambiente para o estudo da vida útil durante 13 dias.

2.7 Análises físico-químicas

As goiabas (controle, revestidas com amido e revestidas com amido e óleo essencial de canela) foram armazenadas a temperatura ambiente e análises físico-químicas foram realizadas nos tempos 1, 7 e 13 dias.

2.7.1 Perda de massa

As goiabas foram pesadas em balança semi-analítica (modelo WTB 3000, RADWAG) antes e após os tratamentos (revestimento). Para o cálculo da perda de massa dos frutos utilizou-se a equação (Instituto Adolf Lutz, 2008):

$$PM = \frac{(Mi - Mf) \cdot 100}{Mf}$$

Onde **PM** é a perda de massa, **Mi** é a massa inicial e **Mf** é a massa final.

2.7.2 Determinação do pH

Efetuou-se a determinação do pH após trituração e homogeneização das amostras (goiabas sem revestimento e recobertas), utilizando-se pHmetro (mPA-210, Tecnal), segundo o método 13.010 da AOAC (1984).

2.7.3 Acidez total titulável

Para a determinação da acidez empregou-se uma alíquota de 10 gramas do homogeneizado (trituração e homogeneização das goiabas sem revestimento e recobertas), adicionados a um balão volumétrico (100 mL), cujo volume foi completo com água destilada. A titulação foi realizada com solução NaOH 0,1 N até ponto final de pH igual a 8,1. A acidez total titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 gramas da fruta (método 942.15, AOAC, 1997), sendo determinada pela equação:

$$ATT = \frac{V.\,f.\,M.\,100}{P}$$

Onde **V** é o volume em mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, **f** é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio, **P** é a massa da amostra em gramas ou volume pipetado em mL e **M** é a molaridade da solução de hidróxido de sódio.

2.7.4 Teor de umidade

Determinou-se os teores de umidade das goiabas sem revestimento e recobertas pelo método da estufa a 105 °C (Instituto Adolf Lutz, 2008). A umidade dos frutos foi calculada pela equação:

$$U(\%) = \frac{100.\,N}{P}$$

Onde **N** é a perda de peso em gramas, e **P** é a massa da amostra em gramas.

2.8 Análises microbiológicas – Contagem de bolores e leveduras

A análise microbiológica de contagem de bolores e leveduras foi realizada conforme o proposto por Silva et al. (2007). Após o preparo da amostra e respectivas diluições, 0,1 mL de cada diluição adicionada do inóculo previamente preparado foram adicionados em placas Petri contendo Meio Ágar Batata Dextrose (PDA), com auxílio de uma alça de Drigalski. Depois da incubação das amostras em câmara tipo B.O.D. (modelo MA 032, Marconi) a 25 °C por 5 dias, as colônias de bolores e leveduras foram contadas empregando-se um contador de colônias (modelo CP 600, Phoenix). Os resultados foram expressos pelo número de unidades formadoras de colônia por grama de amostra ($UFCg^{-1}$).

2.9 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p<0,05$).

2.10 Análise Sensorial

Para a análise sensorial da vida útil das goiabas, os consumidores avaliaram três diferentes amostras de goiaba: amostra 1: goiaba controle; amostra 2: com o revestimento; amostra 3; com o revestimento e óleo essencial.

A avaliação sensorial das goiabas, durante o experimento de vida útil, foi feita por 21 provadores na faixa etária de 18 a 51 anos de idade, mantendo-se os mesmos provadores, com duas sessões em um intervalo de sete dias. Iniciando no sétimo dia de vida útil da goiaba após o revestimento. As características analisadas foram: aparência global e intenção de compra. Para a intenção de compra as goiabas foram servidas monadicamente, codificadas com três dígitos e apresentadas inteiras, com pedúnculo, em uma mesa branca.

Para a degustação das goiabas, foram removidas a parte superior e inferior (aproximadamente 1cm de cada lado) sendo o restante cortado longitudinalmente em 8 pedaços iguais, de forma que cada amostra continha uma parte central, uma parte da polpa e a casca onde a cobertura estava aderida. Para cada provador foram servidas 3 amostras também codificadas com três dígitos e servidas monadicamente. Para as avaliações sensoriais os provadores avaliaram o quanto gostavam ou desgostavam das amostras através de uma escala hedônica de cinco pontos, com os extremos correspondendo a "desgostei muitíssimo" e "gostei muitíssimo". Já para a avaliação da "intenção de compra" foi utilizada escala hedônica de cinco pontos, onde os extremos correspondiam a "Nunca compraria esse produto" e "compraria sempre esse produto".

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação qualitativa – aspecto visual e maturação das frutas

O resultado da avaliação qualitativa (aspecto visual) das frutas sem e com revestimento após 13 dias de armazenamento a temperatura ambiente está apresentado nas figuras 1.

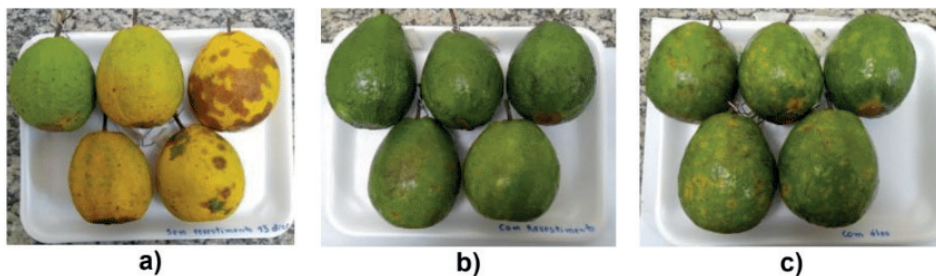



Figura 1 - Aspecto visual das goiabas a) sem revestimento; b) com revestimento de amido de mandioca; **c)** com revestimento de amido de mandioca e óleo de canela e armazenamento a temperatura ambiente durante 13 dias

O revestimento total das goiabas foi constatado pelo brilho intenso em toda a superfície externa das goiabas revestidas. Ambas as coberturas se mostraram eficientes na preservação do aspecto visual externo das goiabas, visto que, mesmo após 13 dias de armazenamento as frutas apresentaram pequenas alterações na coloração (figura 1). Ambos os revestimentos também auxiliaram na preservação do aspecto visual interno e na desaceleração no processo de maturação das goiabas, em comparação com as goiabas sem revestimento (figura 2), não observando-se diferença significativa entre os tipos de recobrimentos.

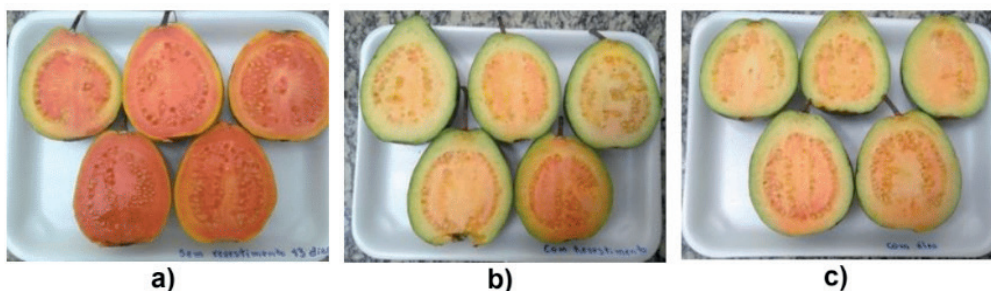



Figura 2 – Aspecto visual interno das goiabas após 13 dias de armazenamento a temperatura ambiente a) sem revestimento; b) com revestimento de amido de mandioca; c) com revestimento de amido de mandioca e óleo de canela

Os resultados estão de acordo com Tavares, Almeida; Gomes (2018) para coberturas comestíveis à base de *O*-caboximetilquitosana e de *O*-caboximetilquitosana e óleo essencial de orégano, em que os recobrimentos contribuíram para reduzir a senilidade das goiabas.

3.2 Perda de Massa

As goiabas foram revestidas com a finalidade de controlar a perda de água e por conseguinte, a perda de massa das mesmas durante o armazenamento. Essa perda está diretamente associada com a qualidade do fruto, visto que com a perda de água os tecidos amolecem, fazendo com que os frutos se tornem mais suscetíveis às deteriorações e alterações na cor, sabor e textura (COELHO et al., 2017; FAKHOURI, GROSSO, 2003).

Observou-se maior retenção de água nas frutas revestidas do que na goiaba controle. A figura 3 apresenta os resultados de perda de massa das goiabas sem revestimento e com revestimento nas diferentes condições de armazenamento.

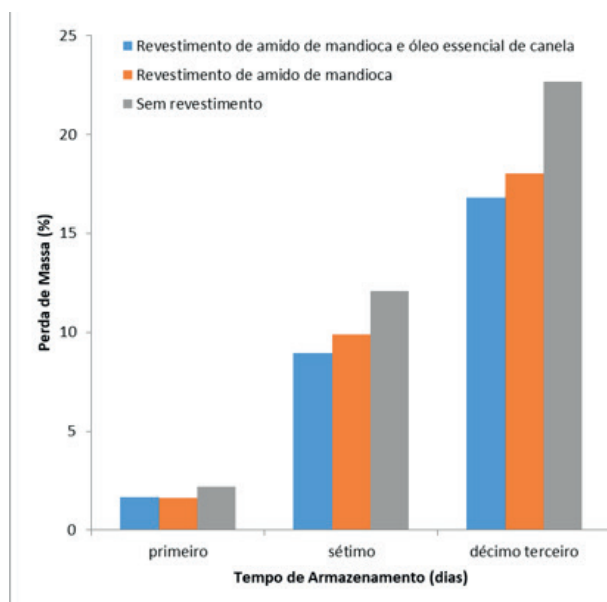



Figura 3 – Perda de massa das goiabas armazenadas a temperatura ambiente. Cor cinza: frutas sem revestimento; cor laranja: frutas com revestimento de amido de mandioca; cor azul: frutas com revestimento de amido de mandioca e óleo de canela

Recobrimentos de polissacarídeos, devido à sua natureza hidrofílica, constituem barreiras pouco efetivas à troca de água. Assim, já era esperado que os revestimentos não tivessem tanta interferência nesta variável, resultando o revestimento com amido de mandioca e óleo essencial de canela em barreira mais eficiente à água e prevenção à perda de massa, em decorrência da formação de uma barreira hidrofóbica pela adição de óleo de canela à cobertura (TAVARES; ALMEIDA; GOMES, 2018). Estes resultados estão de acordo com Cerqueira et al. (2011) e Tavares; Almeida; Gomes (2018), os quais observaram, respectivamente, que a utilização de revestimentos proteicos e quitosana em

goiabas e a inclusão de óleo essencial de orégano às coberturas, retardaram a perda de massa.

3.3 Teor de Umidade

O teor de umidade diminuiu ao longo do armazenamento (figura 4), fato este que está de acordo com a perda de massa observada no mesmo período de estocagem.

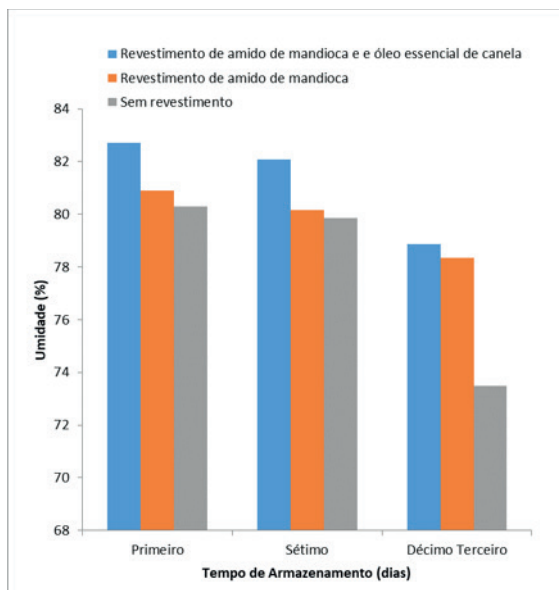



Figura 4 – Teor de umidade das goiabas armazenadas a temperatura ambiente. Cor cinza: frutas sem revestimento; cor laranja: frutas com revestimento de amido de mandioca; cor azul: frutas com revestimento de amido de mandioca e óleo de canela

Os resultados obtidos estão em concordância com Tavares; Almeida; Gomes (2018), os quais observaram que o emprego de coberturas não impactou na redução do teor de umidade das goiabas.

3.4 Determinação do pH

A acidez é um fator de grande relevância para o sabor e aroma dos frutos, além de influenciar no escurecimento oxidativo dos tecidos vegetais (TAVARES; ALMEIDA; GOMES, 2018).

Observou-se variações mínimas de pH nas goiabas analisadas neste estudo, com valores entre 4,06 e 4,15 nas goiabas controle; 4,05 e 4,10 para as goiabas revestidas com amido de mandioca e 4,07 e 4,30 para as goiabas revestidas com amido de mandioca e óleo de canela. De acordo com Fakhouri e Grosso (2003, p. 208), esse resultado seria consequência “do efeito tamponante da presença simultânea de ácidos orgânicos e seus

sais, o que impediria que o acréscimo na acidez total titulável alterasse significantemente os valores de pH".

3.5 Acidez Total Titulável

Observou-se um aumento na acidez titulável nas goiabas controle (sem revestimento), ao passo que as goiabas revestidas apresentaram variações mínimas no período de estudo (figura 5), o que está de acordo com os valores de pH obtidos entre ao vários tratamentos estudados.

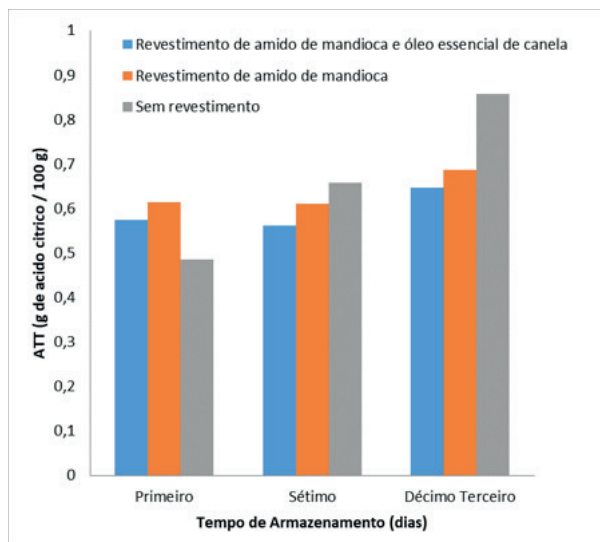



Figura 4 – Acidez Total titulável (ATT) (g de ácido cítrico/100g) de goiabas armazenadas a temperatura ambiente. Cor cinza: frutas sem revestimento; cor laranja: frutas com revestimento de amido de mandioca; cor azul: frutas com revestimento de amido de mandioca e óleo de canela

Tais resultados corroboram com os valores encontrados por Fakouri e Grosso (2003), onde as goiabas controle se apresentaram mais ácidas que as goiabas com cobertura.

3.6 Análises Microbiológicas

Os resultados da análise de contagem microbiana em goiabas sem revestimento e goiabas revestidas com amido de mandioca e amido de mandioca e óleo de canela, armazenadas a temperatura ambiente, estão apresentadas na tabela 1.

Dias armazenamento	Goiaba sem revestimento	Goiaba revestida com amido de mandioca	Goiaba revestida com amido de mandioca e óleo essencial de canela
1	$6,6x10^{3}$	$3,9x10^{4}$	$3,5x10^{3}$
7	$2,1x10^{3}$	$1,5x10^{3}$	$1,25x10^{3}$
13	$1,5x10^{4}$	$8,7x10^{3}$	$5,1x10^{2}$

Tabela 1 – Contagem de bolores e leveduras (UFC g^{-1}) em goiabas sem revestimento e revestidas de amido de mandioca e amido de mandioca e óleo de canela

As frutas recobertas com amido de mandioca e óleo essencial de canela apresentaram valores abaixo do limite máximo de 5,0 $x10^{3}$ UFC/g^{-1} ou mL^{-1} de bolores e leveduras para poupa *in natura*, estabelecida pela instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000, desde o primeiro dia de armazenamento. A maior eficácia desta cobertura em reduzir a velocidade de crescimento de bolores e leveduras nas goiabas pode ser atribuído ao potencial antifúngico do óleo de canela (ZANARDO; RAMBO; SCHWANKE, 2014).

3.7 Análise Sensorial

Após estocagem de 13 dias a avaliação sensorial das frutas *in natura* (controle) e revestidas foi realizada para as características sabor e intenção de compra, após a degustação das amostras. A principal intenção do teste foi avaliar uma provável inclusão de sabor desagradável em decorrência da cobertura.

Não foi observada diferença quanto ao sabor para as amostras com cobertura. A análise sensorial mostrou que o revestimento com amido de mandioca e óleo essencial de canela aumentou a aceitabilidade da fruta, pois a porcentagem de consumidores que responderam “gostei muito” e “gostei” foi de 29% para a fruta *in natura*, ao passo que a porcentagem da fruta com o tratamento com amido de mandioca e óleo de canela foi de 38%.

A preservação da fruta com o revestimento de amido de mandioca e óleo essencial de canela é comprovada sensorialmente pela intenção de compra, pois a fruta sem o tratamento teve rejeição de 71% (nunca compraria), enquanto que no fruto tratado essa porcentagem diminui para 19%.

4 I CONCLUSÃO

O emprego das coberturas de amido de mandioca e amido de mandioca com óleo de canela, no recobrimento das goiabas, propiciou uma menor perda de massa e maior retenção da coloração verde, bem como em melhor aparência visual das frutas, em comparação às goiabas sem revestimento. Com relação às características físico-químicas da fruta, como

acidez total titulável e teor de humidade, mínimas alterações foram observadas durante o período de estudo, para as frutas revestidas. Já as variações de pH foram mínimas tanto para as frutas com revestimento quanto para as frutas sem revestimento. As análises microbiológicas demonstraram que o emprego de coberturas possibilitou uma redução na velocidade de crescimento de bolores e leveduras nas frutas, especialmente a cobertura contendo óleo de canela. As coberturas empregadas neste estudo foram eficazes para controlar o amadurecimento das goiabas, o que permitiu estender a sua vida útil em relação á goiaba padrão (*in natura*, sem cobertura). A preservação da fruta com o revestimento foi comprovada sensorialmente pela intenção de compra.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A. et al. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana, **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, nº. 2, p. 399-408, abr-jun, 2012.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. de; Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, nº. 2, p. 87-97, abr./jun., 2014.

CERQUEIRA, T. S. et al. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana, **Bragantia**, v. 70, nº. 1, p. 216-221, 2011.

COELHO, C. C. de S. et al. Aplicação de Revestimento Filmogênico à Base de Amido de Mandioca e de Óleo de Cravo-da-Índia na Conservação Pós-Colheita de Goiaba 'Pedro Sato', **Engenharia na Agricultura**, v. 25, nº. 6, p. 479-490, 2017.

COSTA, L. C. et al. Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de goiabas (Psidium guajava L.), **Brazilian Journal of Food Reserch**, Campo Mourão, v. 8, nº. 2, p. 16-31, abr./jun., 2017.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de Coberturas Comestíveis na Vida Útil de Goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) Mantidas sob Refrigeração, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, nº. 2, p. 203-211, jul/dez, 2003.

LUVIELMO, M. de M.; LAMAS, S. V. Revestimentos Comestíveis em Frutas, **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, nº. 1, p. 8-15, jan/jun, 2012.

OLIVEIRA, C. S. de; GRDEN, L.; RIBEIRO, M. C. de O.; Utilização de Filmes Comestíveis em Alimentos, **Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: Desenvolvimentos em Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p. 52-57, 2007.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: 2007.

TAVARES, L. R.; ALMEIDA, P. P. de; GOMES, M. F.; Avaliação físico-química e microbiológica de goiaba (Psidium guajava) revestida com cobertura comestível à base de *O*-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano (Origanum vulgare), **Multi-Sciense Journal**, v. 1, nº. 13, p. 20-26, 2018.

ZANARDO, V. P. S.; RAMBO, D. F.; SCHWANKE, C. H. A. Canela (*Cinnamomum sp*) e seu Efeito nos Componentes da Síndrome Metabólica, **PERSPECTIVA, Erechim**., v. 38, Edição Especial, p. 39-48, março, 2014.

CAPÍTULO 14

MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA ENZIMA DIIDROOROTATO DESIDROGENASE DA LEISHMANIA MAJOR E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DOCAGEM E DINÂMICA MOLECULAR

Data de aceite: 01/03/2021

João Augusto Pereira da Rocha
Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Pará Campus Bragança
Bragança-PA
http://lattes.cnpq.br/2843154716548835

Elaine Cristina Medeiros da Rocha
Universidade Federal Rural da Amazônia
Capanema-PA
http://lattes.cnpq.br/3165652101046479

João Lídio da Silva Gonçalves Vianez Júnior
Instituto Evandro Chagas
Ananindeua-PA
http://lattes.cnpq.br/7898732359245110

Fabio Alberto de Molfetta
Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Química
Belém-PA
http://lattes.cnpq.br/3037772053562648

RESUMO: A leishmaniose é uma das seis doenças consideradas como prioritárias no mundo, ameaça 350 milhões de pessoas em 88 países e causa cerca de 60 mil mortes por ano. A Leishmaniose cutânea causada pelo *Leishmania major,* infecta cerca de 1,5 milhões de pessoas por ano e 90% dos casos ocorrem em países subdesenvolvidos como o Brasil. A enzima diidroorotato desidrogenase da *Leishmania major* (*Lm*DHODH) **é** um alvo promissor no combate a leishmaniose, uma vez que atua na quarta etapa do processo de síntese de UMP (Uridina Monofosfato) percussor de todos os nucleotídeos. Neste estudo 69 inibidores da DHODH de diferentes parasitos obtidos da literatura foram modelados e submetidos a técnicas de docagem molecular. Esta técnica busca avaliar as interações com os resíduos de aminoácidos da enzima, conformação e a energia do complexo enzima-ligante. Afim de verificar as interações também foi necessário predizer a conformação da alça catalítica dessa enzima, que não foi bem definida na cristalografia de raios-X, para tal foi utilizada a Modelagem Molecular por Homologia. Através da análise das interações foi possível observar que os resíduos LYS44, ASN68, MET70, GLY71, LEU72, LEU129, SER130, CYS131, ASN195 e SER196 fizeram interações de hidrogênio e hidrofóbicas com os ligantes docados. A dinâmica molecular indicou pequenas flutuações na região hidrofóbica da enzima, formada pelos resíduos ASN68, MET70, GLY71 e LEU72, caracterizando uma boa estabilidade dessa região e grandes flutuações na região hidrofílica, formada pelos resíduos LEU129, SER130 e CYS131, o que não significa que esses resíduos não interagem com os ligantes, o que ocorre é que esses resíduos estão na região da alça, que é naturalmente sujeita a essas grandes flutuações. Fato que comprova esse argumento é que o resíduo SER196, apesar do caráter hidrofílico não apresenta comportamento semelhante, pois não pertence a alça.

PALAVRAS - CHAVE: Diidroorotato Desidrogenase, Docagem e Dinâmica Molecular.

MOLECULAR MODELING BY HOMOLOGY OF THE ENHYME DIIDROOROTATE DEHYDROGENASE FROM LEISHMANIA MAJOR AND APPLICATION OF DRYING TECHNIQUES AND MOLECULAR DYNAMICS

ABSTRACT: Leishmaniasis is one of the six diseases considered a priority in the world, it threatens 350 million people in 88 countries and causes about 60 thousand deaths per year. Cutaneous Leishmaniasis caused by Leishmania major, infects about 1.5 million people per year and 90% of cases occur in underdeveloped countries like Brazil. The enzyme dihydroorotate dehydrogenase of Leishmania major (LmDHODH) is a promising target in the fight against leishmaniasis, since it acts in the fourth stage of the synthesis process of UMP (Uridine Monophosphate), which is a precursor of all nucleotides. In this study 69 DHODH inhibitors from different parasites obtained from the literature were modeled and subjected to molecular docking techniques. This technique seeks to evaluate the interactions with the amino acid residues of the enzyme, conformation and the energy of the enzyme-ligand complex. In order to verify the interactions, it was also necessary to predict the conformation of the catalytic loop of this enzyme, which was not well defined in X-ray crystallography. For this purpose, Molecular Modeling by Homology was used. Through the analysis of the interactions it was possible to observe that the residues LYS44, ASN68, MET70, GLY71, LEU72, LEU129, SER130, CYS131, ASN195 and SER196 made hydrogen and hydrophobic interactions with the documented binders. The molecular dynamics indicated small fluctuations in the hydrophobic region of the enzyme, formed by the residues ASN68, MET70, GLY71 and LEU72, characterizing a good stability of this region and great fluctuations in the hydrophilic region, formed by the residues LEU129, SER130 and CYS131, which does not mean that these residues do not interact with the binders, what happens is that these residues are in the loop region, which is naturally subject to these great fluctuations. A fact that proves this argument is that the SER196 residue, despite its hydrophilic character, does not present a similar behavior, as it does not belong to the handle.
KEYWORDS: Dihydroorotate Dehydrogenase, Docking and Molecular Dynamics.

1 | INTRODUÇÃO

A leishmaniose é uma das seis doenças consideradas como prioritárias no mundo, a qual ameaça 350 milhões de pessoas em 88 países e causa cerca de 60 mil mortes por ano. A Leishmaniose cutânea é causada pelo *Leishmania major* e infecta cerca de 1,5 milhões de pessoas por ano, sendo que 90% dos casos ocorrem em países subdesenvolvidos como o Brasil. Apesar desses dados esta patologia continua negligenciada (WHO, 2011).

Os fármacos mais utilizados no tratamento das leishmanioses são o Pentostan® e o Glucantime® que apresentam elevado grau de toxidez, relatos de resistência do parasito, e efeitos colaterais tais como: arritmia cardíaca e pancreatite (FUMAGALLI, 2008). Haja vista esses fatos faz-se necessária a busca de novos compostos que possuam um amplo espectro de eficácia com dosagens não tóxicas, administração oral e custos acessíveis (CROFT, 2003).

Na busca de compostos antiparasitários busca-se investigar as vias bioquímicas do

parasito e compara-las com a do hospedeiro, com o intuito de identificar possíveis alvos para inibição seletiva (VERLINDE, 2001). O parasito da Leishmaniose depende da enzima diidrooratato desidrogenase da *Leishmania major* (*LmDHODH*) para catalisar a oxidação do diidrooratato em oratato, uma etapa fundamental na biossíntese de nucleotídeos de pirimidina (Figura 2).

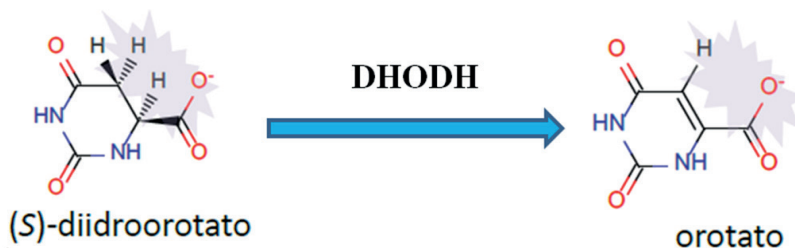



Figura 1: Quarta etapa da via da biossíntese *de novo* de nucleotídeos de pirimidina catalisada pela enzima DHODH.

Fonte: Adaptado CHELESKI, 2010

Devido ao crescente aumento de estruturas de proteínas cristalográficas, nas últimas décadas, houve uma explosão no planejamento de fármacos tendo como base as técnicas computacionais, dentre as quais destacam-se a docagem e a dinâmica molecular (SCHNEIDER & FECHNER, 2005).

Desta maneira, esse trabalho propõe caracterizar e avaliar o comportamento dos resíduos que fazem parte do sítio catalítico da *Lm*DHODH através de técnicas de docagem consensual e simulações de dinâmica utilizando inibidores da enzima selecionados da literatura em diferentes parasitos.

2 I MÉTODOS

2.1 Modelagem Molecular por Homologia

A modelagem por homologia é a abordagem mais utilizada para predizer estruturas tridimensionais de proteínas das quais as mesmas não podem ser resolvidas experimentalmente (WERNER, 2012). Essa ferramenta permite a predição de estruturas protéicas a partir do conhecimento da estrutura primaria (GUIMARÃES, 2012).

A *Lm*DHODH (código PDB: 3MHU) possui uma região composta de sete resíduos PRO132, ASN133, VAL134, PRO135, GLY136, LYS137 que não foi bem definida por cristalografia de raios-X, sendo que essa região faz parte da alça catalítica desta enzima (CHELESKI, 2010; CORDEIRO, 2012). Por esse motivo, nesse estudo foi predito por

métodos de homologia as coordenadas desses resíduos.

A homologia foi realizada utilizando o servidor SWISS MODEL (ARNOLD, 2006) tendo como molde a própria estrutura cristalográfica da enzima (3MHU), no qual a sequência fasta foi obtida do mesmo PDB. O modelo gerado nesse servidor foi submetido a um refinamento da alça, justamente na região modelada, através do programa MODELLER 9.10 (SALI, 1993).

2.2 Docagen Molecular

Docagem molecular é uma importante ferramenta computacional na triagem in silico para a descoberta de novos fármacos (DAVIS, 2009 e FUKUNISHI, 2011), onde se busca obter a conformação e a energia de um complexo ligante-receptor, em geral proteína-ligante (DIAS e JUNIOR, 2008). Porém, os resultados podem variar de acordo com o programa utilizado. Dessa maneira uma abordagem consensual tem sido desenvolvida, a qual está baseada na utilização de diferentes parâmetros de busca, de modo a minimizar a possibilidade de possíveis erros oriundos da utilização de uma **única** função de pontuação, dessa maneira diminuindo a taxa de falsos positivos (CLACK, 2002; FEHER, 2006).

O alto grau de sequência e similaridade entre as enzimas da família 1A da DHODH permite que inibidores de outros parasitos sejam utilizados para explorar enzimas de outros parasitos (CORDEIRO, 2012). Sendo assim, neste estudo foram selecionadas 69 estruturas que possuíam valores de IC_{50} e K_i contra a DHODH em diferentes parasitos para serem submetidas à docagem molecular.

Foram realizados cálculos de docagem molecular, utilizando o método de docagem consensual (nos programas AutoDockVina 1.1.2 e FRED 2.2.5) no qual as diferentes funções de pontuação dos programas foram utilizadas a fim de refinar os parâmetros de busca, dessa maneira minimizando a possibilidade de possíveis erros oriundos da utilização de uma **única** função de pontuação e de caracterizar as interações do sítio ativo da LmDHODH com inibidores da DHODH de diferentes parasitos selecionados da literatura.

2.2.1 Preparação dos Ligantes

Os ligantes foram modelados no programa Hyperchem 7.5 (HyperChem™, 2002) e otimizados utilizando-se o campo de força PM3 (STEWART, 1989).

2.2.2 Preparação da Enzima e dos Ligantes Autodock Vina

No programa AutoDock Tools 4.0 (MORRIS, 1998), as cargas de Gasteiger-Hückel (GASTEIGER, 1980) foram adicionadas aos ligantes. Já para a estrutura da enzima foram adicionados os hidrogênios polares e calculadas as cargas atômicas de Kollman. Em seguida, foram definidas as dimensões da grade de energia potencial em 38Å x 30Å x 36Å (nas direções x, y e z) e centradas nas coordenadas x = -7.481, y = 56.663 e z = -1,217. Tais

valores foram baseados nas coordenadas cristalográficas do ligante complexado com a enzima 3MHU. Os resíduos ASN128, CYS131, LEU72, LYS44, GLY71, ASN133, ASN138, ASN68, SER196 e ASN195 foram considerados flexíveis uma vez que segundo estudos de CHELESKI *et al*, se mostraram importantes, pois fazem interações que contribuem na estabilização do complexo ligante-receptor.

2.2.3 Preparação da Enzima e dos Ligantes no Programa Fred 2.2.5

O programa OMEGA gerou conformações de menor energia para cada uma das 69 estruturas selecionadas, no programa *FRED_receptor* o modelo cristalográfico foi preparado para a docagem, onde **é** construida uma caixa cúbica de 10 **Å** de extensão em todas as direções, tendo como centro as coordenadas do ligante cristalográfico como referência. Dentro dessa caixa o programa *FRED* realiza as simulações de docagem molecular, buscando alocar os ligantes nessa região. Os ligantes docados foram ranqueados com base na função de pontuação *Chemgauss3*. Uma vez ranqueadas essas estruturas docadas foram classificadas pela função de pontuação *Zapbind* (DENG e VERLINDE, 2008).

2.3 Dinâmica Molecular

Simulações de DM têm sido uma importante ferramenta no estudo de macromoléculas biológicas onde o comportamento do sistema é monitorado ao longo do tempo (WERNER, 2011).

A Dinâmica Molecular clássica fundamenta-se na integração das equações de movimento de Newton em função do tempo, Equação 1, (LEACH, 2001).

$$F.m^{-1} = \frac{d^2r}{dt^2} \qquad (1)$$

Entretanto, a partir desta equação não é possível determinar a intensidade e direção da força para o sistema, então faz-se necessário representar a força em função da energia potencial (LEACH, 2001).

Para isso as moléculas são tratadas como uma coleção de partículas mantidas unidas por forças harmônicas ou elásticas que podem então ser tratadas como uma coleção de átomos descritos por forças newtonianas O conjunto completo dos parâmetros dos potenciais de interação entre as partículas é denominado campo de força, o mesmo é função da energia potencial V, a mesma é a soma de vários termos de energia, incluindo os termos para átomos ligados, comprimentos e ângulos de ligação, ângulos diedros e os termos para átomos não ligados, interações de Van der Waals e de Coulomb, conforme a Equação 2 (NAMBA, 2008).

$$V\ (r,g) = V_{ligados} + V_{não-ligados} \quad (2)$$

onde $V_{ligados}$ correspondes aos termos chamados covalentes, $V_{não\text{-}ligados}$ correspondem as forcas eletrostáticas e de Van der Waals. Nos itens abaixo cada um desses termos será melhor descrito (VAN DER SPOEL, 2005).

2.3.1 Termos Ligados

A equação 3 descreve os termos dos comprimentos de ligação, a deformação dos ângulos, e as torções dos ângulos diedros e diedros impróprios, respectivamente.

$$V_{ligados} = V_{ligação} + V_{ângulo} + V_{diedro} + V_{impróprio} \quad (3)$$

Sendo que:

$$V_{ligação} = \frac{1}{2}K_X\ (x - x_0)^2 \quad (4)$$

onde K_x é a constante associada a ligação química em questão, x é o comprimento de ligação e x_0 é o comprimento de equilíbrio de ligação.

$$V_{ângulo} = \frac{1}{2}K_\theta\ (\theta - \theta_0)^2 \quad (5)$$

Onde K_θ é a constante do potencial harmônico angular, θ é o ângulo entre duas ligações químicas e θ_0 é o valor do ângulo de equilíbrio.

$$V_{diedro} = \frac{1}{2}K_\xi\ (\xi - \xi_0)^2 \quad (6)$$

Onde K_ξ é uma constante a ser ajustada para descrever a vibração diedral imprópria específica que tem ξ_0 como ângulo de equilíbrio (LINDAHL, 2001).

$$V_{impróprio} = K_\Phi\ [1 + Cos(n\Phi - S) \quad (7)$$

Onde n é o número de mínimos para a torção, Φ é o ângulo diedral para a ligação central e S é a defasagem no ângulo diedral (LINDAHL, 2001).

2.3.2 Termos não Ligados

Os termos não ligados são descritos como a soma do potencial de Lennard-Jones e do potencial eletrostático.

$$V_{não-ligados} = V_{Lennard-Jones} + V_{Potencial\ Eletrostático} \quad (8)$$

Onde

$$V_{Lennard-Jones} = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6} \right] \quad (9)$$

Onde Є é o comprimento do poço entre as barreiras atrativas e repulsivas e σ representa o diâmetro do poço.

$$V_{Potencial\ Eletrostático} = \frac{q_1\ q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (10)$$

Onde q_1 e q_2 são as cargas para um par de átomos quaisquer, separados por uma distância r**,** ϵ_0 é a permissividade do vácuo e ϵ é a constante dielétrica que corrige ϵ_0, considerando a polarizabilidade do meio (LINDAHL, 2001).

2.3.3 Preparação dos Ligantes

Os parâmetros de topologia baseados no campo de força GROMOS56 foram obtidos a partir do servidor PRODRG (SCHÜTTELKOPF & VAN AALTEN, 2004). As cargas atômicas foram corrigidas utilizando-se o método CHELPG, (BRENEMAN, 1990) com o conjunto de bases 6-31G** no programa GAUSSIAN 03W (FRISCH et al., 2004).

2.3.4 Cálculos de Dinâmica Molecular

Foram realizadas duas simulações de DM no pacote de programas GROMACS 4.5.5 (BERENDSEN, 1995) , utilizando o campo de força GROMOS96, com um tempo total de 35 ns para os sistemas A e B, descritos abaixo:

A) A enzima complexada com o ligante 10 (**ácido** 5-amino-2,6-dioxo-1,2,3,6-tetrahidropirimidina-4-carboxílico)

B) A enzima complexada com o ligante 12 (**ácido** 5-nitro-2,6-dioxo-1,2,3,6-tetrahidropirimidina-4-carboxílico).

Esses sistemas foram solvatados em uma caixa cúbica preenchida com o modelo de **água** SPC216, na qual **íons** sódio e cloro foram adicionados para neutralizar a carga total e manter uma concentração fisiológica de 0,15 M. Foram aplicadas condições periódicas de contorno, posteriormente os sistemas foram minimizados utilizando o algoritmo *steepest descent* e de gradientes conjugados, respectivamente.

Então 1500 ps de restrição foram aplicados ao sistema, onde o mesmo foi aquecido de 20K a cada 100 ps. O complexo enzima cofator e ligante juntamente com o solvente e os **íons** sódio foram acoplados separadamente em um banho térmico de 310 K.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 modelagem molecular por homologia

O modelo utilizado para os cálculos deste estudo foi gerado no servidor SWISS MODEL a partir da sequência fasta, sequência primaria de aminoácidos da proteína, da *Lm*DHODH usando como molde a própria estrutura depositada no banco de dados de proteínas, sob o código 3MHU. Esse modelo passou por um refinamento de alça, na região modelada, no programa MODELLER 9.10 (SALI, 1993). Uma conformação da alça aberta foi escolhida por apresentar bons resultados, tanto em termos de validação da homologia como também por favorecer a alocação dos ligantes na docagem molecular.

Na Figura 3 é possível observar através do gráfico de Ramachandran, obtido através do servidor MOLPROBITY (CHEN, 2010), que para o modelo gerado por Homologia 95,5% dos resíduos estão em regiões estereoquimicamente favoráveis e 99,7% em regiões permitidas (B), uma perda pouco significativa na qualidade do modelo, se comparado com o modelo utilizado como molde (3MHU) que possui valores de 97,2 % e 99,8 % (A). Posterior a realização dos cálculos deste trabalho foi depositado no PDB, a estrutura cristalográfica da *Lm*DHODH com a alça catalítica (código 3TQ0) complexada com o fumarato, essa estrutura possui valores próximos ao do modelo obtido por homologia de 97,4% e 99,8%, respectivamente (C). O modelo e o pdb 3TQ0 diferem entre si na região modelada (Figura 2).

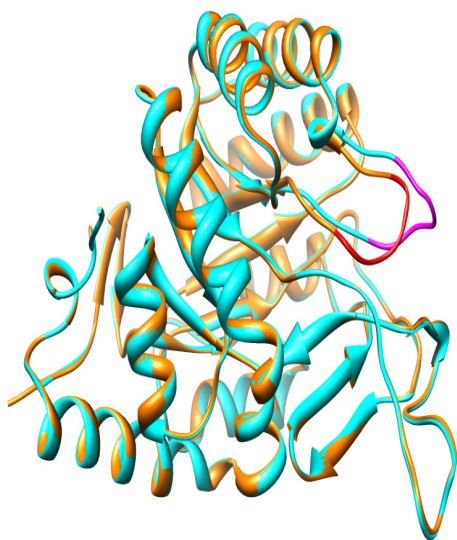



Figura 2: Estruturas do modelo (ciano) e do pdb 3TQ0 (laranja), destaque a região da alça em vermelho e magenta, respectivamente.

Esse fato também é evidenciado ao observar os valores de LGscore e MaxSub (Tabela 1) obtidos no servidor ProQ, cujos valores que avaliam a qualidade do modelo baseado nos método de redes neurais (WALLNER, 2003).

	3MHU	Modelo	3TQ0
Dfire	-473.86	-467.62	-488.22
LGscore	5,874	5,75	6.005
MaxSub	0. 575	0,512	0.542

Tabela 1: Valores de energia dfire, LGscore e MaxSub para: As enzima do pdb (3MHU e 3TQ0) e para o modelo gerado por Homologia

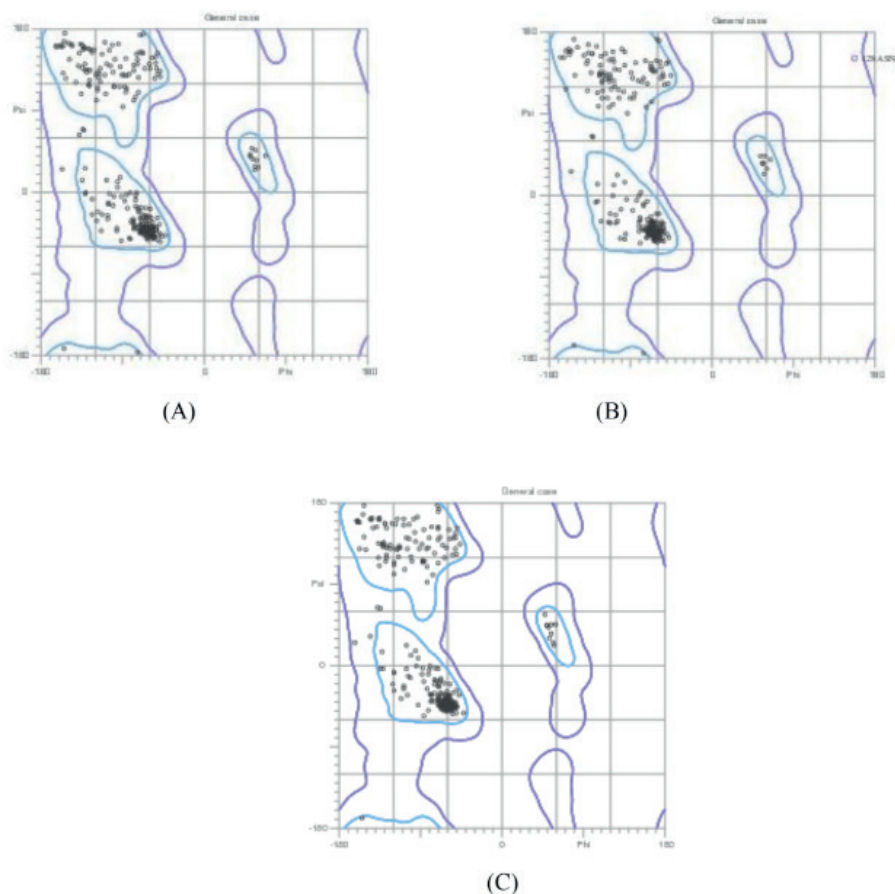



Figura 3: Gráfico de Ramachandran: (A) Modelo do estrutura cristalográfica; (B) Modelo obtido por Homologia; (C) Modelo depositado no PDB (3TQ0).

A diferença dos modelos em termos energéticos é muito pequena, como se pode observar na Tabela 1 e que mostra os valores de energia d-fire, um potencial estatístico de todos os átomos, no qual a baixa energia indica que o modelo é mais próximo da conformação nativa (ZHOU, 2002).

A Figura 4 mostra o gráfico de Anolea, um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade de empacotamento do modelo, o eixo y representa a energia para cada aminoácido da proteína, valores negativos (em verde) indicam um ambiente favorável, enquanto valores positivos (em vermelho) indicam um ambiente desfavorável (MELO, 1996).

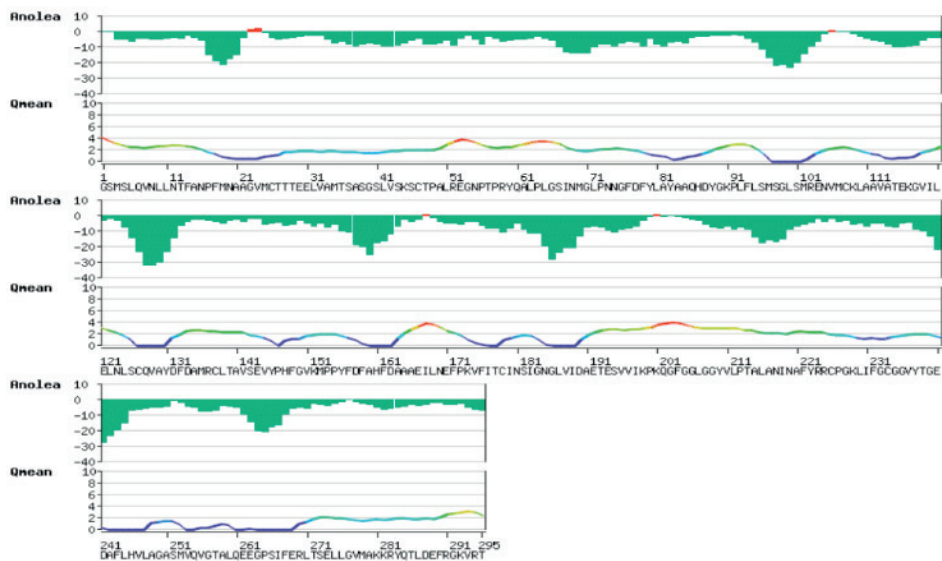
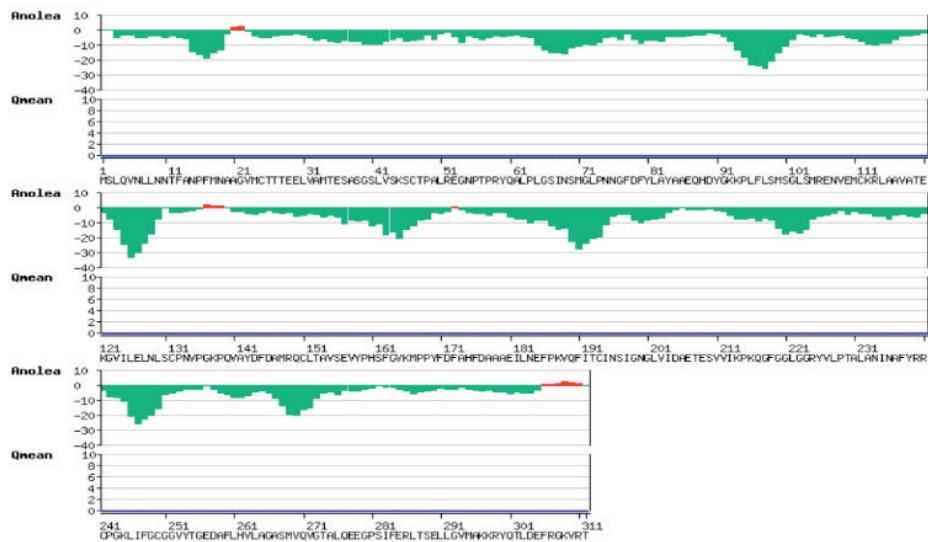
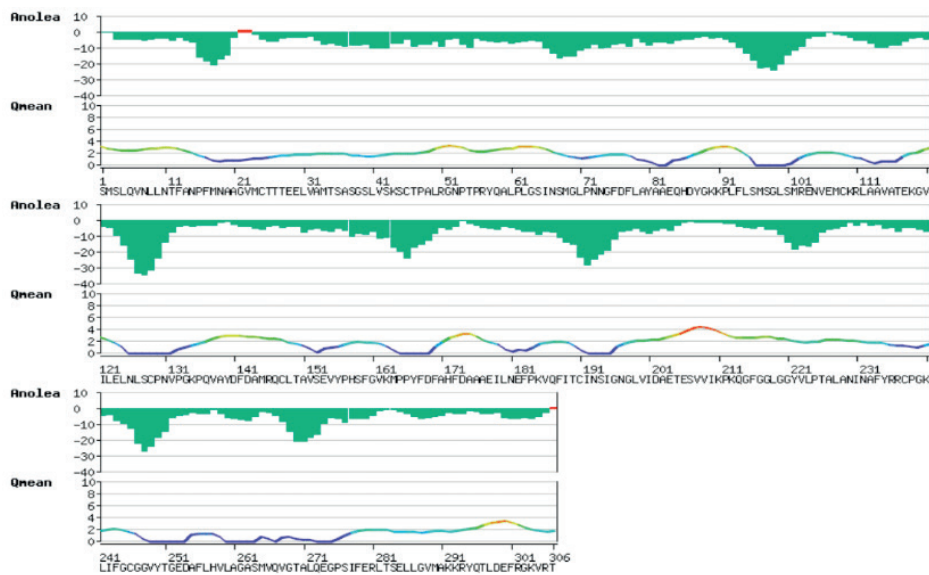
É possível observar que o comportamento dos três modelos é similar, sendo que no modelo gerado por homologia (B) a região modelada (alça) possui uma energia um pouco mais alta em relação a mesma região da enzima do PDB 3TQ0 (C) com um valor um pouco mais alto de energia, isso ocorreu por causa do refinamento feito no MODELLER que gerou uma conformação de alça mais aberta.

(A)

(B)

(C)

Figura 4: Gráfico de Anolea (A) Modelo do PDB (3MHU); (B)- Modelo obtido por Homologia; (C)- Modelo com o alça catalítica da LmDHODH (3TQ0).

3.2 Docagem molecular

Na docagem molecular os ligantes foram pontuados segundo as suas energias de docagem nos programas AutoDock Vina 1.1.1 e FRED 2.2.5. Foram selecionados vinte ligantes mais bem pontuados para cada um dos programas e foi realizada a análise das interações dos ligantes com os resíduos da enzima.

Após essa analise consensual cinco ligantes foram selecionados (Figura 5), cujos valores de atividade biológica e das energias de docagem são mostrados na Tabela 2. O ligante 12 é o ligante que está complexado com a enzima no PDB 3MHU que serviu como molde para a Homologia.

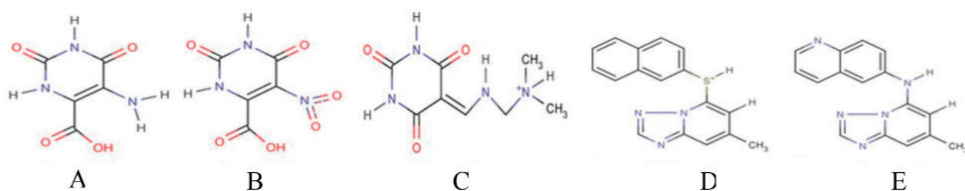



Figura 6: Estruturas das cinco melhores moléculas selecionadas através da analise consensual: (A) Ligante 12; (B) Ligante 10; (C) Ligante 16; (D) Ligante 49, (E) e Ligante 51. NR=Não Relatado.

Ligante	*IC_{50} (µM)*	**Energia Vina (Kcal/mol)**	**Energia FRED (Kcal/mol)**
10	0,056	-14,4	-80,6
12	150	-14,2	-78,1
16	NR	-14,2	-78,1
49	0,6	-15,0	-79,8
51	0,19	-15,0	-79,2

Tabela 2: Valores de IC_{50} e energia de docagem, para os programas Vina e FRED para as moléculas selecionadas pela analise consensual

Pode-se observar que em termos de conformação a Docagem Molecular no Auto Dock Vina conseguiu alocar os ligantes em uma conformação bem próxima da conformação do ligante cristalografado (Figura 6). Com valores de RMSD de 0,51 e 0,49 Å para os ligantes 10 e 12, respectivamente. Dessa maneira, para a análise das interações foi tomada como base a conformação dos ligantes nesse programa.

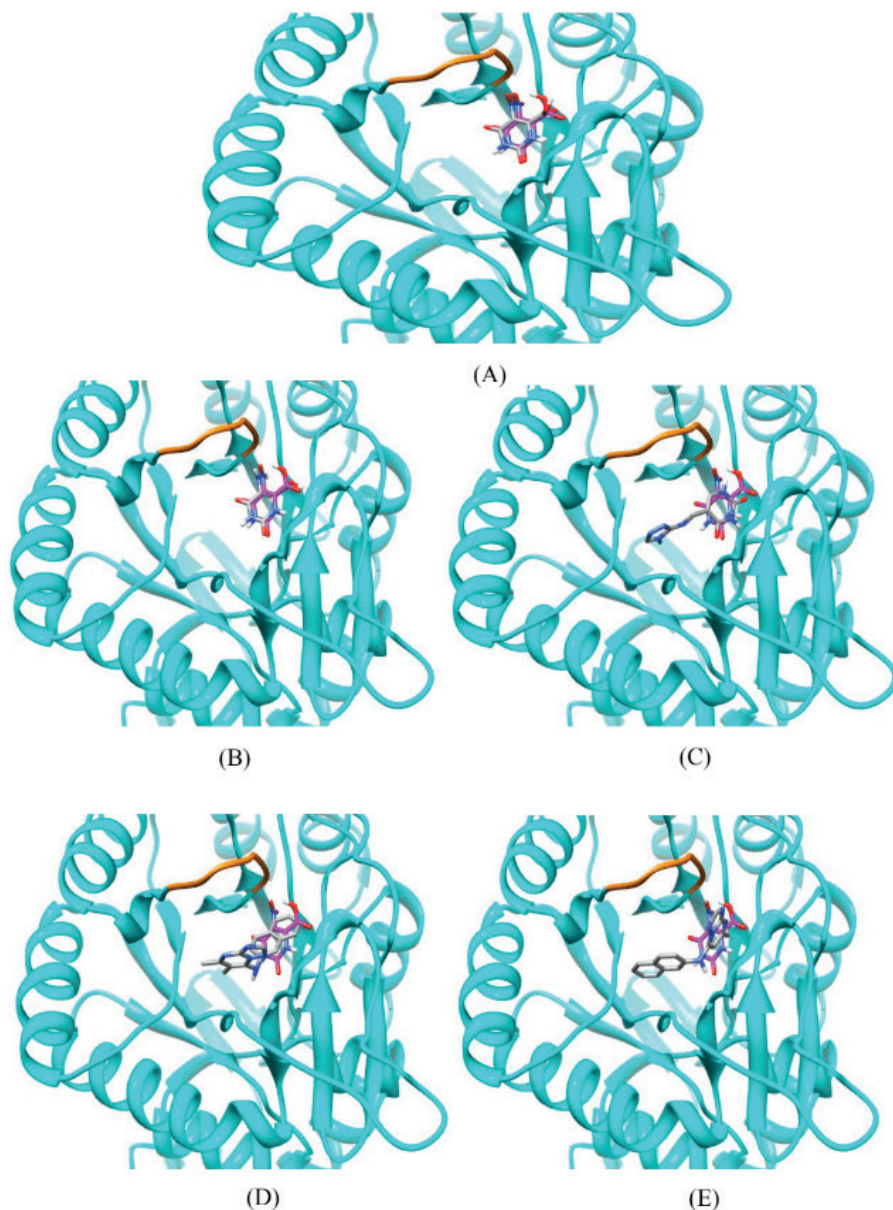



Figura 7: Ligantes docados na enzima LmDHODH superpostos com o ligante experimental. A-Ligantes 12; B-Ligante 10; C-Ligante 16; D-Ligante 49; E-Ligante 51. Destaque em laranja para a região modelada.

As ligações de hidrogênio são cruciais para o funcionamento das atividades bioquímicas e estabilização das estruturas tridimensionais de sistemas protéicos.

Compreender a natureza dessas interações é um passo crucial para descrever a funcionalidade desses sistemas em meios biológicos a nível molecular (NOZAD *et al*, 2009).

Por outro lado interações hidrofóbicas também possuem uma importante função em reações biológicas que ocorrem em meio aquoso, como por exemplo: a formação de micelas e no enovelamento de proteínas (HUMMER, 1998).

Dessa maneira, baseado nas energias de ligação e nas interações (Figura 7), os ligantes 10 e 12 foram selecionadas para simulações de dinâmica molecular, no intuito de avaliar o comportamento dessas interações ao longo do tempo.

Na Figura 7 é possível observar as interações de hidrogênio que os ligantes 10 e 12 fazem com os resíduos LYS44, ASN68, GLY71, LEU72, LEU129, SER130, CYS131, ASN195 e SER196 e interação hidrofóbica com o resíduo MET70. O comportamento desses resíduos foram avaliados durante a simulação da DM.

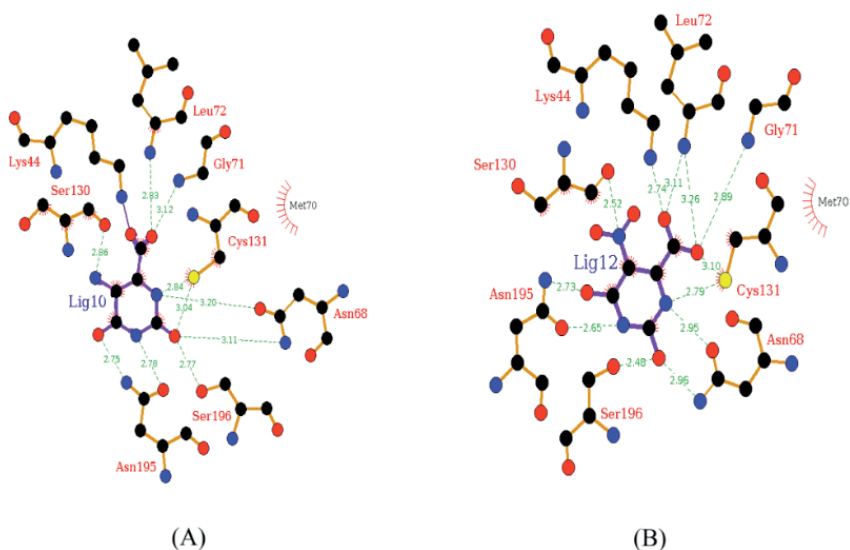



Figura 8: Estruturas dos ligantes 10 (A) e 12 (B) e as interações que fazem com os resíduos da enzima. As ligações de hidrogênio são mostradas em verde as ligações hidrofóbicas em vermelho, obtido através do programa LIGPLOT (Laskowski, 2011).

3.3 Dinâmica Molecular

Para avaliar se as simulações de dinâmica molecular estão suficientemente estáveis alguns fatores devem ser considerados, como por exemplo o desvio da raiz média quadrática, a flutuação da raiz média quadrática, energia total do sistema e as distâncias médias dos resíduos que interagem com o ligante. Esses foram obtidos através de um valor de coordenadas a cada um picossegundo de simulação.

3.3.1 RMSD

Os valores de RMSD são uma comparação entre dois conjuntos de dados, nesse caso entre as coordenadas dos carbonos α ao longo do tempo de simulação em relação à estrutura inicial, tomando como ponto de partida a estrutura minimizada. Como resultado tem-se um gráfico do desvio global da estrutura em relação à conformação inicial em função do tempo (Figura 8).

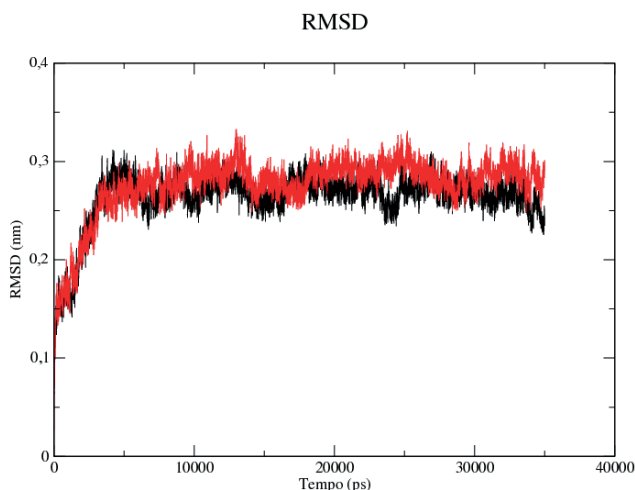



Figura 9: Gráfico de RMSD para os dois sistemas simulados, em preto o ligante 10 e em vermelho o ligante 12. Considerando apenas os carbonos α da estrutura protéica e tomando como coordenadas iniciais a estrutura depois de ter sido minimizada.

A partir da análise dos valores de RMSD pode-se observar que os dois sistemas simulados tendem a estabilizar-se a partir dos primeiros 1500 picossegundos, porém uma estabilização mais efetiva, com valores em torno de 0,3 nm, só ocorre após os primeiros 3000 picossegundos.

3.3.2 RMSF

Os valores de RMSF são uma forma de avaliar as flutuações dos resíduos dos sistemas simulados, regiões com valores elevados indicam uma maior flexibilidade, ou seja, que sofreram grandes flutuações e ainda buscam estabilidade, tais valores ocorrem em áreas mais externas da proteína, regiões com flutuações baixas indicam que os resíduos já se encontram estabilizados.

Na Figura 9 na região I é possível observar pequenos valores de flutuações, na região em que compreende os resíduos ASN68, MET70, GLY71 e LEU72, fato que indica que as interações com os ligantes estão suficientemente estáveis.

Em contrapartida na região II observa-se pontos com picos acima 0,25 nm, onde estão compreendidos os resíduos LEU129, SER130 e CYS131 (Figura 9), tal fato não significa necessariamente que os resíduos não estejam fazendo interações ou não estejam totalmente estabilizados, essas flutuações são justificadas pelo fato desses resíduos serem hidrofílicos e se encontrarem em regiões mais externas da proteína nesse caso formando uma região de alça que sofre naturalmente grandes flutuações.

Mesmo sendo um resíduo hidrofílico a SER196 por estar fora dessa alça consegue alcançar estabilidade, região III (Figura 9). Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por CORDEIRO, *et al* que observou que independente da cavidade enzimática estar ocupada ou não essa região apresenta essa característica.

As regiões I, II, III são mostradas na Figura 10.

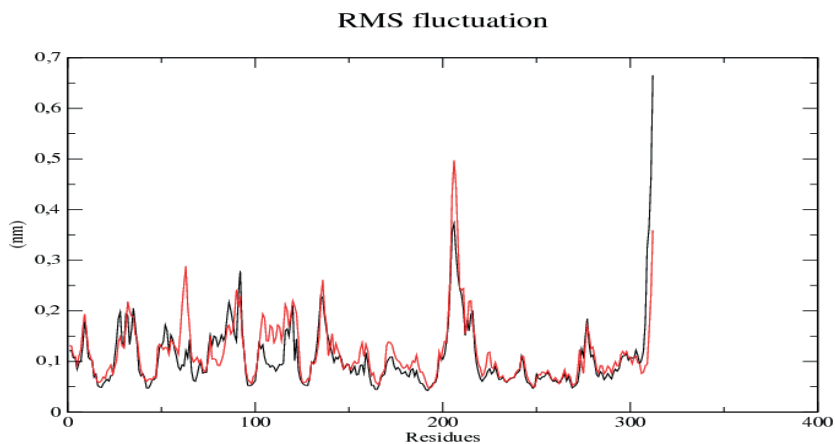



Figura 10: RMSF para os dois sistemas simulados em preto dados relativos a dinâmica do ligante 10 e em vermelho para o ligante 12.

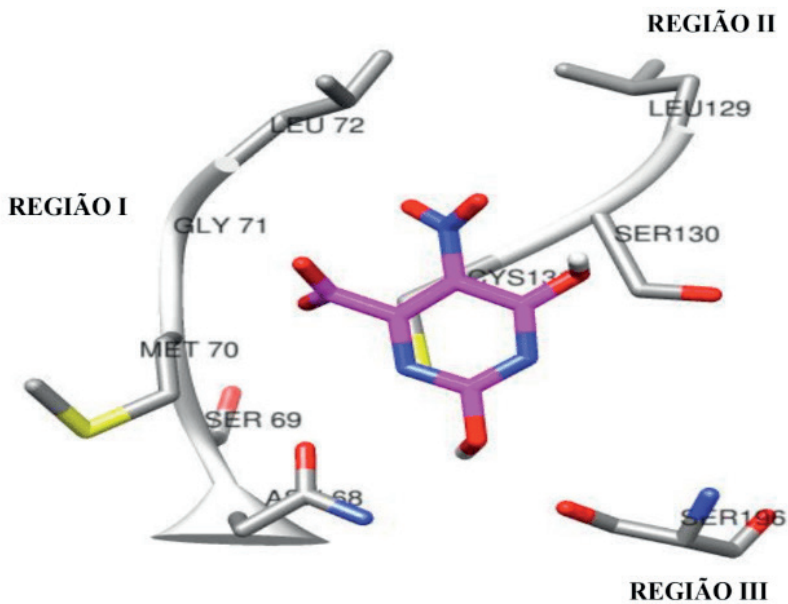



Figura 11: Em destaque as regiões I, II, III e o ligante cristalográfico (ligante 12)

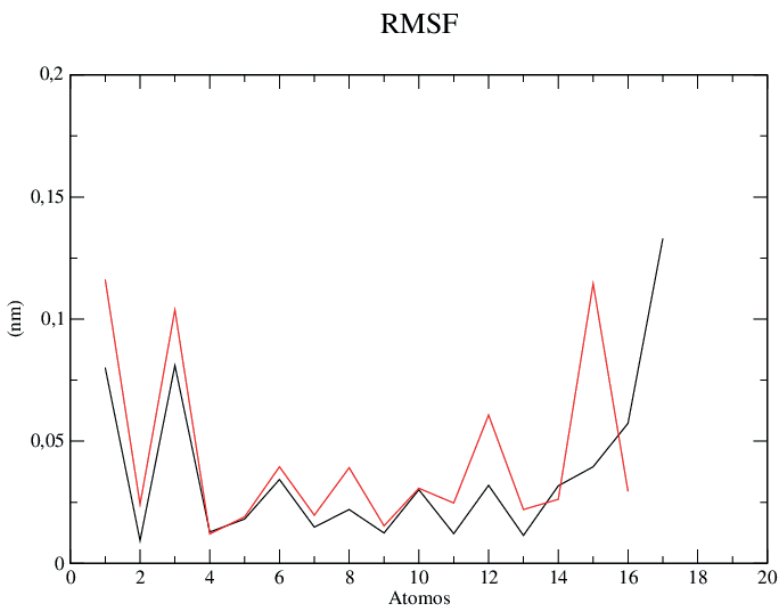



Figura 12: RMSF para os átomos de cada ligante em preto ligante 10 e em vermelho ligante 12.

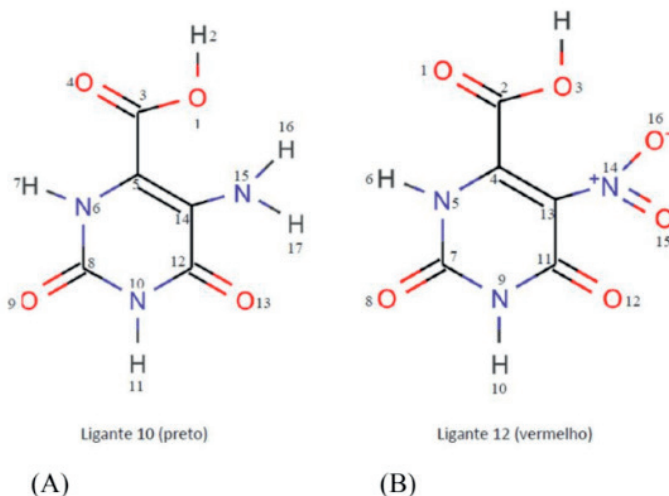



Figura 13: Numeração adotada para os átomos de cada ligante no calculo de RMSF. Ligante 10 (A) e 12 (B).

Devido a grande similaridades entre as estruturas dos ligantes 10 e 12 e também ao fato da Docagem ter alocado os mesmos em posições próximas as interações com os resíduos da enzima são bem similares.

No entanto na diferença entre as estruturas, dois hidrogênios ligados a N15 do ligante 10 e dois oxigênios ligados a N14 do ligante 12, (Figura 12) é possível observar um comportamento no qual o oxigênio (15) do ligante 12 sofre uma flutuação muito maior que os hidrogênios (16 e 17) do ligante 10 (Figura 11). Isso ocorre devido ao fato do oxigênio ser mais eletronegativo e provoque uma distribuição de carga mais desigual, tornando assim a interação com o resíduo de SER130 muito mais forte.

4 I CONCLUSÕES

Foi realizada a Modelagem Molecular por Homologia da alça catalítica da enzima e os resultados demonstraram satisfatórios ao predizer a conformação mantendo a qualidade do modelo com 95,5% dos resíduos estão em regiões estereoquimicamente favoráveis e 99,7% em regiões permitidas e mostram através do gráfico de Anolea que a grande maioria dos resíduos então em regiões energeticamente favoráveis.

Na Docagem Molecular foi possível avaliar e identificar pontos de seletividade do sitio ativo da *Lm*DHODH através do método de docagem molecular no qual os resíduos LYS44, ASN68, GLY71, LEU72, SER130, CYS131, ASN195 e SER196 se demonstraram importantes ao fazerem interações com os inibidores docados nos programas FRED 2.2.5 e AutoDockVina 1.1.1, sendo que a partir desta analise foram selecionadas cinco estruturas.

Através dos resultados obtidos, levando-se em consideração a energia de docagem

e o número de interações, dois compostos (ligantes 10 e 12) foram selecionados para posteriores estudos de dinâmica molecular.

Os sistemas simulados estabilizaram-se com um RMSD em torno de 0,3 nm. Já os valores de RMSF indicam pequenas flutuações na região hidrofóbica da *Lm*DHODH que interage com os ligantes 10 e 12 (ASN 68, MET70, GLY71, LEU72), caracterizando uma boa estabilidade dessas interações e grandes flutuações na região hidrofílica (LEU129, SER130, CYS131), o que não significa que esse resíduos não contribuem com interações para os ligantes, o que ocorre é que esses resíduos estão em uma região formada por uma alça que é sujeito a grandes flutuações.

Uma evidencia que ratifica esse argumento é o fato de que o resíduo SER196, apesar de ser hidrofílico não possuiu valores altos de flutuações, uma vez que está fora dessa alça.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, K.; BORDOLI, L.; KOPP J.; SCHWEDE T. The SWISS-MODEL Workspace: A web-based environment for protein structure homology modelling. **Bioinformatics**, v. 22, p.195-201, 2006.

BERENDSEN, H.J.C.; VAN DER SPOEL, V.D. GROMACS: A message-passing parallel molecular dynamics implementation, **Computational Physics Communications**, vol. 91, p. 43–56, 1995.

BRENEMAN C. M.; WIBERG K. B.: Determining atom-centered monopoles from molecular electrostatic potentials. The need for high sampling density in formamide conformational analysis, Journal of Computational Chemistry, n. 11, p. 361-373, 1990.

CHELESKI, J. **Planejamento de Inibidores da Enzima Diidroorotato Desidrogenase de Trypanosoma cruzi por biocalorimetria**. 2011. 72f. Tese (Doutorado em Ciências)-Programa de Pós-Graduação, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHELESKI, J.; ROCHA, J.R.; PINHEIRO, M.P.; WIGGERS, H.J.; SILVA, A.B.F.; NONATO, M.C.; MONTANARI, C.A. Novel insights for dihydroorotate dehydrogenase class 1A inhibitors Discovery. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 45, p. 5899-5909, 2010.

CHEN, V.B.; ARENDALL, W.B.; HEADD J.J.; KEEDY D.A.; IMMORMINO, R.M.; KAPRAL, G.J.; MURRAY, L.W.; RICHARDSON, J.S.; RICHARDSON, D.C.; MolProbity: all-atom structure validation for macromolecular crystallography, MolProbity: all-atom structure validation for macromolecular crystallography, n. 66, p.12-21, 2010.

CLARCK, R.D.; STRIZHEV, A.; LEONARD, J.M.; BLAKE, J.F.; MATTHEW, J.M. Consensus scoring for ligand/protein interactions. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, v. 20, p. 281-295, 2002.

CORDEIRO, A.T.; FELICIANO, P.R.; PINHEIRO, M.P.; NONATO, M.C. Crystal structure of dihydroorotate dehydrogenase from Leishmania major. Biochimie. v. 94. p. 1739-1748, 2012.

CROFT, S.L.; YARDLEY, V. Chemotherapy of leishmaniasis. **Current Pharmaceutical Design**, v. 8, p.319-342, 2003.

DAVIS, I.W.; BAKER, D. ROSETTALIGAND Docking with Full Ligand and Receptor Flexibility. **Journal Molecular Biology**, n. 385, p. 381–392, 2009.

DENG, W.; VERLINDE, C. L. M. J. Evaluation of Different Virtual Screening Programs for Docking in a Charged Binding Pocket. **Journal of Chemical Information Modeling**, vol. 48, p. 2010-2020, 2008.

DIAS, R.; Jr, W.F.A. Molecular Docking Algorithms**. Current Drug Targets**, vol. 9, p. 1040-1047, 2008.

FEHER, M. Consensus scoring for protein–ligand interactions. **Drug Discovery Today,** v. 11, n. 9, p. 421-428, 2006.

FRISCH, M. J., G.W. TRUCKS, H.B. SCHLEGEL, G.E. SCUSERIA, M.A. ROBB, J.R. CHEESEMAN, J.A. MONTGOMERY JR., T. VREVEN, K.N. KUDIN, J.C. BURANT, J.M. MILLAM, S.S. IYENGAR, J. TOMASI, V. BARONE, B. MENNUCCI, M. COSSI, G. SCALMANI, N. REGA, G.A. PETERSSON, H. NAKATSUJI, M. HADA, M. EHARA, K. TOYOTA, R. FUKUDA, J. HASEGAWA, M. ISHIDA, T. NAKAJIMA, Y. HONDA, O. KITAO, H. NAKAI, M. KLENE, X. LI, J.E. KNOX, H.P. HRATCHIAN, J.B. CROSS, C. ADAMO, J. JARAMILLO, R. GOMPERTS, R.E. STRATMANN, O. YAZYEV, A.J. AUSTIN, R. CAMMI, C. POMELLI, J.W. OCHTERSKI, P.Y. AYALA, K. MOROKUMA, G.A. VOTH, P. SALVADOR, J.J. DANNENBERG, V.G. AKRZEWSKI, S. DAPPRICH, A.D. DANIELS, M.C. STRAIN, O. FARKAS, D.K. MALICK, A.D. RABUCK, K. RAGHAVACHARI, J.B. FORESMAN, J.V. ORTIZ, Q. CUI, A.G. BABOUL, S. CLIFFORD, J. CIOSLOWSKI, B.B. STEFANOV, G. LIU, A. IASHENKO, P. PISKORZ, I. KOMAROMI, R.L. MARTIN, D.J. FOX, T. KEITH, M.A. AL-LAHAM, C.Y. PENG, A. NANAYAKKARA, M. CHALLACOMBE, P.M.W. GILL, B. JOHNSON, W. CHEN, M.W. WONG, C. GONZALEZ AND J.A. Pople, **Gaussian 03,** Revision C.02, Gaussian, Inc.,Wallingford, CT 2004.

FUKUNISHI, Y.; MIZUKOSHI , Y.; TAKEUCHI, K.; SHIMADA, I.; TAKAHASHI, H.; NAKAMURA, H. Protein–ligand docking guided by ligand pharmacophore-mapping experiment by NMR. **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, v. 31, p. 20–27, 2011.

FUMAGALLI, M.A.C. **Proteção contra a infecção por *Leishmania (Leishmania) amazonensis*pela imunização de camundongos BALB/c com peptídeos sintéticos selecionados por *phage display* e *spot synthesis*.** 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia**)** – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GASTEIGER, J.; MARSILI, M. Iterative Partial Equalization of orbital electronegativity. A rapid access to atomic charges. **Tetrahedron,** v. 36, p. 3219-3288, 1980.

GUIMARAES, L.C.; SILVA, N.F.; MIYOSHI, A.; SCHNEIDER, M.P.C.; SILVA, A.; AZEVEDO, V.; BRASIL, D.S.B.; LAMEIRA, J.; ALVES, C.N. Structure modelingofametalloendopeptidasefrom Corynebacterium pseudotuberculosis. **Computers in Biology and Medicine**, v. 19, p. 538-541, 2012.

HUMMER, G; GARDE, S.; GARCÍA, A.E.; PAULAITIS, M.E.; PRATT, L.R. Hydrophobic Effects on a Molecular Scale. **The Journal of Physics Chemical***,* v. 102, n. 51, p.10469-10482, 1998.

HyperChemTM Release 7.5 for Windows Molecular Modeling System. Hypercube: Gainesville, FL, 2002.

LASKOWSKI, R.A.; SWINDELLS, M.B. LigPlot+: multiple ligand-protein interaction diagrams for drug discovery. **Journal** of **Chemical** Information and **Modeling**, v. 51, p. 2778-2786, 2011.

LEACH, A. R.: Molecular Modelling Principles and Applications, 2nd Ed.,

LINDAHL, E.; HESS, B.; VAN DER SPOEL, D. GROMACS 3.0: A package for molecular simulation and trajectory analysis, **Journal of Molecular Modeling**, p. 306 317, 2001.

Longman, Cingapura, 2001.

MELO, F; FEYTMANS, E. Assessing protein structures with a non-local atomic interaction energy. **Journal of Molecular Biology**, v. 277, n.5, p.1141-1152, 1998.

MORRIS, G. M.; GOODSELL, D. S.; HALLIDAY, R. S.; HUEY, R.; HART, W.E.;BELEW, R.K.; OLSON, A. J. Automated docking using a Lamarckian genetic algorithm and an empirical binding free energy function. **Journal of Computational Chemistry**, vol.19, p.1639-1662, 1998.

NAMBA, A.M.; SILVA, V.B.; SILVA, C.H.T.P.; Dinâmica molecular: teoria e aplicações em planejamento de fármacos, **Eclética,** v.33, n.4**,** 2008.

NOZAD, A. Z.; MEFTAH, S.; GHASEMI, M. H.; KIYANI, R. A.; AGHAZADEH, M. Investigation of intermolecular hydrogen bond interactions in crystalline L-Cysteine by DFT calculations of the oxygen-17, nitrogen-14, and hydrogen-2 EFG tensors and AIM analysis. **Biophysical Chemistry**,vol. 141, p.49–58, 2009.

SALI, A.; BLUNDELL, T.L.; Comparative protein modelling by satisfaction of spatial restraints. **Journal of Molecular Biology** n.234, p. 779-815, 1993.

SCHNEIDER G.; FECHNER U. Computer-based de novo design of drug-like molecules. **Nature Reviews Drug Discovery**, n. 8, p. 649-63, 2005.

SCHÜTTELKOPF, A. W.; VAN AALTEN, D. M. F. PRODRG - a tool for high-throughput crystallography of protein-ligand complexes. **Acta Crystallography**, v. 60, 1355–1363, 2004.

STEWART, J.J.P. Optimization of parameters for semi empirical methods I. Method. **Journal of Computational Chemistry**, v. 10, n. 2, p. 209-220, 1989.

VAN DER SPOEL D.; LINDAHL E.; HESS B., VAN BUUREN A. R.; APOLE.; MEULENHOFF P. J.; TIELEMAN D. P.; SIJBERS A. L. T. M.; FEENSTRAK. A.; VAN DRUNEN R.;. BERENDSEN H. J. C.; GROMACS User Manual version 3.3, www.gromacs.org (2005).

VERLINDE, C.L.J.; HANNAERT, V.; BLONSKI, C.; WILLSON, M.; PÉRIÉ, J.J.; GILMORE, L.A.F.; OPPERDOES, F.R.; GELB*, M.H.;* HOL, W.G.J.; MICHELS*,* P.A.M. Glycolysis as a target for the design of new anti-trypanosome drugs. Drug Resistance Updates, v.4, n.1, p.50-65, 2001.

WALLNER , B.; ELOFSSON, A. Can correct protein models be identified? **Protein Science**, v. 12, n. 5, p.1073-1086, 2009.

WERNER, T.; MORRIS, M.B.; DASTMALCHI, S.; CHURCH, W.B. Structural modelling and dynamics of proteins for insights into drug interactions. **Advanced Drug Delivery Reviews**, V. 64, P. 323-343, 2012.

WHO - World Health Organization.Leishmaniasis: the disease and its epidemology. Disponível em: <http://www.who.int/leishmaniasis/disease-epidemology/en/index.html>. Acesso em: 05 mai. 2011.

ZHOU, H.; ZHOU, Y. Distance-scaled, finite ideal-gas reference state improves structure-derived potentials of mean force for structure selection and stability prediction, **Protein Science**, v. 11 p. 2714-2726, 2002.

CAPÍTULO 15

INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO SURFACTANTE/TIMOL PARA A OBTENÇÃO DE NANOEMULSÕES COM POTENCIAL USO NA AGRICULTURA E INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Data de aceite: 01/03/2021

Davi Cardoso Aguiar de Melo
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde
Departamento de Química e Física
Alegre - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0001-6180-0069

Caroline de Souza Fontes
Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Química
Vitória - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0002-1340-857X

Natália Assis Guedes
Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Química
Vitória - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0003-1808-0427

Lucas de Souza Soares
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Agroquímica
Grupo de Estudo Aplicado em Produtos Naturais e Síntese Orgânica (GEAPS-CNPq)
Alegre - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0003-2997-5349

Adilson Vidal Costa
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Agroquímica
Grupo de Estudo Aplicado em Produtos Naturais e Síntese Orgânica (GEAPS-CNPq)
Alegre - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0003-2997-5349

Vagner Tebaldi de Queiroz
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Agroquímica
Grupo de Estudo Aplicado em Produtos Naturais e Síntese Orgânica (GEAPS-CNPq)
Alegre - Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0002-8170-125X

RESUMO: O timol é um composto que possui comprovada ação inseticida, antioxidante e antifúngica. No entanto, sua baixa dispersibilidade em água dificulta a sua aplicação no biocontrole de patógenos. A inclusão deste composto em nanoemulsões é uma alternativa viável, visto que em tais sistemas a dispersibilidade do ingrediente ativo pode ser aumentada. Além disso, nanoemulsões de timol podem também melhorar a sua liberação controlada e a sua estabilidade. Assim, no presente trabalho objetivou-se avaliar a relação surfactante/timol (RST) usada na formulação de nanoemulsões do fenol natural acima citado. As nanoemulsões foram preparadas utilizando o surfactante Tween 80 nas RST de 0,1/1 e 1/1 e o processo de emulsificação envolvendo agitação em vortex seguida de homogeneização ultrassônica. Os testes para a avaliação das emulsões (aparência e determinação da distribuição de diâmetros, do diâmetro hidrodinâmico médio e do índice de polidispersidade das gotículas de timol nas emulsões) foram realizados 3 e 21 dias após a preparação das emulsões. A nanoemulsão

de timol preparada com a RST 1/1 apresentou gotículas com diâmetro médio < 300 nm, após 3 e 21 dias de armazenamento. Contudo, o aumento da concentração de surfactante não evitou a desestabilização macroscopicamente visível das emulsões, após 23 dias de armazenamento, visto que os dois tratamentos apresentaram uma nítida separação das fases. Assim, novos estudos devem ser conduzidos para melhorar as formulações dos sistemas, a fim de aumentar a estabilidade cinética e/ou reduzir o diâmetro de gotículas das emulsões.
PALAVRAS - CHAVE: Homogeneização ultrassônica; Diâmetro médio de gotículas; Índice de polidispersidade; Estabilidade cinética de emulsões.

INFLUENCE OF SURFACTANT/TIMOL RATIO FOR OBTAINMENT OF NANOEMULSIONS APPLICABLE IN AGRICULTURE AND FOOD INDUSTRY

ABSTRACT: Thymol is a compound that has a proven insecticidal, antioxidant and antifungal action. However, its low dispersibility in water prevents its application in formulations for pathogens biocontrol. The inclusion of this compound in nanoemulsions is a viable alternative, since in such systems the dispersibility of the active ingredient can be increased. In addition, thymol nanoemulsions can also improve their controlled release and stability. Thus, this study aimed to evaluate the surfactant/thymol ratio (STR) used in the formulation of nanoemulsions containing the natural phenol mentioned above. The nanoemulsions were prepared using the surfactant Tween 80 at the 0.1/1 and 1/1 RST values, and the emulsification process involved the mixture in vortex followed by ultrasonic homogenization. The tests for emulsions evaluation (appearance and determination of diameter distribution, average hydrodynamic diameter and polydispersity index of the thymol droplets in the systems) were carried out 3 and 21 days after emulsions preparation. Thymol nanoemulsion prepared with STR 1/1 presented average diameter droplets < 300 nm, after 3 and 21 days storage time. However, the surfactant concentration increase did not prevent macroscopically visible destabilization of emulsions, after 23 days storage period, since the two treatments showed a clear phase separation. Thus, further studies should be performed to improve the systems formulation, in order to increase the kinetic stability and/or reduce the droplet diameter of emulsions.
KEYWORDS: Ultrasonic homogenization; Average diameter of droplets; Polydispersity index; Kinetic stability of emulsions.

1 I INTRODUÇÃO

O timol é um monoterpeno aromático natural biossintetizado a partir de γ-terpineno e de ρ-cimeno, que é encontrado nos óleos essenciais (OEs) de tomilho (*Thymus vulgaris* L.) e de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* L.). Este composto químico é comumente comercializado no estado sólido e possui temperatura de ebulição entre 48 °C e 51 °C, além disso possui propriedades inseticidas, antifúngica e antioxidante (DAVOODI; KAVOOSI e SHAKERI, 2017; LA TORRE et al., 2016; ROZMAN, KALINOVIC e KORUNIC, 2007; AESCHBACH et al., 1994). O uso do timol em formulações aquosas de fungicidas e inseticidas é limitado, devido à característica hidrofóbica desse composto. Nesse sentido, o preparo de emulsões e nanoemulsões de timol podem ser uma alternativa promissora

para a obtenção de produtos comerciais contendo esse fenol natural, a fim de explorar as suas ações antifúngica e inseticida (NIEDDU et al., 2014; HU e COASTS, 2008).

As emulsões são sistemas coloidais formados por dois líquidos imiscíveis, em que um deles é disperso no outro na forma de gotículas micrométricas ou nanométricas (SOARES et al., 2019; SOARES et al., 2017; MCCLEMENTS, 2016). As emulsões podem ser classificadas em função do constituinte disperso, sendo que: i) nas emulsões óleo em água (O/A), o constituinte hidrofóbico encontra-se disperso na forma de gotículas; ii) nas emulsões água em óleo (A/O), o constituinte aquoso encontra-se disperso na forma de gotículas (MCCLEMENTS, 2016). Embora as emulsões sejam termodinamicamente instáveis, tendendo à separação das fases, com o intuito de minimizar o contato entre os líquidos imiscíveis, a produção de emulsões cineticamente estáveis pode ser possibilitada pelo emprego de energia mecânica (para a formação das gotículas) concomitantemente à adição de moléculas de surfactantes ao sistema. A aplicação de energia mecânica objetiva o rompimento das gotículas e a mistura das fases (TADROS et al., 2004), sendo os equipamentos de alta pressão, microfluidizadores e homogeneizadores ultrassônicos citados como exemplos de dispositivos utilizados para produzir as emulsões (MCCLEMENTS et al., 2011; KENTISH et. al., 2008). A adição de surfactantes favorece a redução da tensão interfacial do sistema, pois essas moléculas apresentam regiões hidrofóbicas (parte apolar) e hidrofílicas (parte polar) que se posicionam entre as fases imiscíveis reduzindo o contato energeticamente desfavorável entre as mesmas. O aumento do diâmetro médio das gotículas pela adição de surfactante acima do limite de saturação pode ocorrer, levando à formação de uma fase cristalina líquida altamente viscosa ao redor do filme interfacial, que pode desacelerar a desestabilização das gotículas em função do tempo e a separação de fases (WANG et al., 2009). Além disso, variação do diâmetro médio das gotículas formadas interfere diretamente nas propriedades físicas e tecnológicas das emulsões (JAFARI, HE e BHANDARI, 2006).

Nanoemulsões possuem, geralmente, gotículas com diâmetro < 500 nm, o que pode modular a liberação dos compostos encapsulados na forma de gotículas em sua formulação e trazer vantagens tecnológicas para sua utilização pelas indústrias de agroquímicos, alimentos e fármacos (GAISFORD, 2018; FENG et al., 2016, 2018; LU et al., 2016; WALKER, DECKER e MCCLEMENTS, 2015; OSTERTAG, WEISS e MCCLEMENTS, 2012). Entre as vantagens da incorporação de ingredientes ativos nesses sistemas destacam-se a sua ampla faixa de aplicabilidade e baixo custo de produção (FENG et al., 2018; LU et al., 2016; WANG et al., 2007). Poucos são os relatos sobre trabalhos que propuseram a preparação de emulsões ou nanoemulsões contendo timol em sua formulação. Dentre esses, o trabalho desenvolvido por Robledo et al. (2018) objetivou a incorporação de nanoemulsões de timol em coberturas comestíveis e a avaliação do efeito antifúngico desses materiais quando aplicados em tomate cereja. Assim, inicialmente, foram preparadas nanoemulsões, contendo timol (10%; m/m) como composto antifúngico,

Tween 80 (8%; m/m) como surfactante e miglyol 812 (2%; m/m) como cossurfactante (RST 1/1), usando homogeneização ultrassônica para a dispersão da fase hidrofóbica. Nesse estudo, gotículas com diâmetro médio inferior a 200 nm e índice de polidispersidade (PDI) das gotículas menor que 0,2 foram obtidas. Evidencia-se, dessa forma, a importância dos constituintes da formulação, assim como do sistema de homogeneização, para a produção de nanoemulsões contendo o timol (FENG et al., 2016, 2018; MCCLEMENTS e RAO, 2011). Assim, a realização de pesquisas propondo o estudo do impacto da formulação e dos parâmetros de processo devem ser realizadas, a fim de se obter formulações para conter e preservar a estabilidade do timol, além de melhorar a estabilidade cinética de produtos emulsionados, o que poderia favorecer a sua utilização em aplicações da indústria tecnológica.

Diante do exposto, objetivou-se com a realização deste estudo avaliar o efeito da relação surfactante/timol (RST) no desenvolvimento de nanoemulsões do tipo óleo/água.

2 | METODOLOGIA

2.1 Material

Timol (NEON Ltda., Lote 35310), Tween 80 (Dinâmica Química Contemporânea Ltda., Lote 58767) e corante vermelho Sudan III (Sigma-Aldrich; ID = 931185).

2.2 Planejamento experimental

As nanoemulsões de timol foram produzidas nas relações surfactante/timol (RST) de 0,1/1 e 1/1. Os testes para a avaliação das emulsões foram realizados 3 e 21 dias após a preparação das emulsões.

2.3 Preparo das nanoemulsões

A água, o Tween 80, o timol e corante vermelho de Sudan III foram pesados em balança analítica para obtenção de formulações contendo relações surfactante/timol (RST) de 0,1/1 e 1/1. Incialmente, o material foi grosseiramente misturado em agitador vórtex (2 min). Em seguida, o material foi emulsificado usando um homogeneizador ultrassônico (QR750, ECO SONICS, Brasil) com micro-ponteira de titânio 4 mm por 8 minutos (675 W; 20kHz).

2.4 Estabilidade ao longo do tempo

A avaliação visual das nanoemulsões de timol foi realizada durante 21 dias. A determinação da distribuição de diâmetros, do diâmetro hidrodinâmico médio e do índice de polidispersidade (PDI) das gotículas de timol nas emulsões foram realizados por meio de espalhamento dinâmico de luz (DLS), usando um analisador de partículas de bancada

(Zetasizer-Nano ZS, Malvern Instruments, Reino Unido). Inicialmente, alíquotas das emulsões foram diluídas (1:50) na mesma fase contínua usada para preparar cada um dos tratamentos. Em seguida, as amostras diluídas foram submetidas à análise instrumental. O procedimento experimental baseou-se em uma análise com três acumulações (45 s, cada), em triplicata.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aspecto visual das nanoemulsões de timol é apresentado na Figura 1.

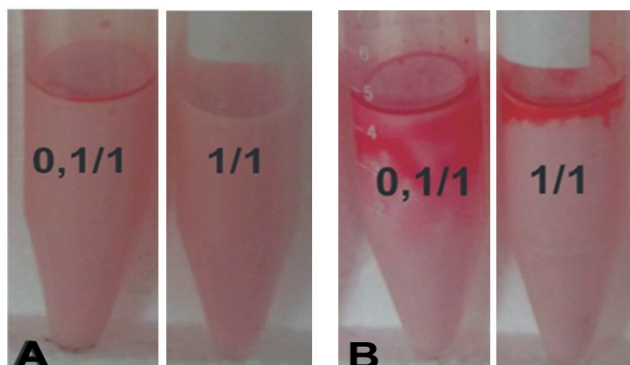



Figura 1 - Aspecto visual das emulsões de timol preparadas em diferentes RST (01/1 e1/1) e fotografadas 3 dias (A) e 23 dias (B) após o preparo.

Na Figura 1-A, pelo aspecto visual das emulsões após 3 dias da sua preparação, observa-se que o aumento da concentração de surfactante promoveu o aumento da dispersão do timol, uma vez que no tratamento “1/1” não se notam evidências da separação de fases (indicadas pelo aumento da intensidade da cor vermelha). O diâmetro hidrodinâmico médio e PDI das gotículas de timol estão apresentados na Tabela 1.

RST	Tempo de armazenamento (dias)	Diâmetro médio da gotícula (nm)[a]	PDI
0,1/1	3	388,9 ± 72,24	0,034
0,1/1	23	1498 ± 1078	0,517
1/1	3	278,6 ± 70,4	0,064
1/1	23	224,6 ± 171,3	0,581

[a] Valores apresentados em termos de média ± desvio padrão

Tabela 1 - Efeito da variação da RST no diâmetro hidrodinâmico médio e PDI das gotículas de timol presentes nas emulsões

Na Tabela 1, observa-se uma redução no diâmetro médio das gotículas e do PDI das emulsões com o aumento da RST. Para a RST 0,1/1, o diâmetro médio das gotículas aumentou de 388,9 para 1498 nm, no intervalo de 23 dias. Enquanto isso, para a RST 1/1, o diâmetro médio se manteve inferior a 300 nm no mesmo intervalo de tempo. Observa-se que o aumento da concentração de surfactante pode ter sido o principal fator que causou a redução do diâmetro das gotículas e, consequentemente o aumento da área interfacial. Nos dois tratamentos, observou-se um aumento no PDI, o que pode indicar a ação de mecanismos de desestabilização nas emulsões. Nanoemulsões podem se desestabilizar com o tempo por amadurecimento de Ostwald, separação gravitacional (cremeação ou sedimentação), floculação ou coalescência (MCCLEMENTS, 2016; TADROS et al., 2004). O amadurecimento de Ostwald é o processo pelo qual o volume das gotículas menores diminui enquanto o volume das gotículas maiores aumenta, por meio da difusão mássica das moléculas da fase dispersa através da fase contínua. A separação gravitacional é o processo pelo qual as gotículas se movem para cima (cremeação) ou para baixo (sedimentação), uma vez que a densidade da fase dispersa é geralmente menor ou maior do que aquela mostrada pela fase aquosa. A floculação é o processo pelo qual duas ou mais gotículas se associam umas às outras e formam aglomerados pela ação das forças atrativas que agem entre elas, sem a ocorrência de perda da integridade interfacial. A coalescência é o processo pelo qual várias gotículas colidem e se fundem, levando à formação de uma gotícula maior.

O aumento da concentração de surfactante não evitou a desestabilização macroscopicamente visível das fases (Figura 1), após 23 dias de armazenamento, visto que os dois tratamentos apresentaram uma nítida separação das fases. Concentrações insuficientes de surfactante promovem a re-coalescência das gotículas durante o processo de emulsificação, promovendo a formação de gotículas com diâmetro médio maior, além de acelerar os processos de desestabilização, levando à separação de fases (KENTISH et al., 2008; MCCLEMENTS, 2016; TADROS et al., 2004). Os achados apresentados nesse trabalho estão de acordo com os relatos da literatura, que indicam que o teor de surfactante representa um fator a ser otimizado, a fim de possibilitar a formação e/ou estender a estabilidade cinética das emulsões.

De forma geral, o aumento da RST influencia na estabilidade cinética, na formação de gotículas menores e no aumento da dispersão do ingrediente ativo (ANTON; VANDAMME, 2009; LAMAALLAM et al., 2005). Nesse caso, os resultados apresentados mostram que a preparação de nanoemulsões de timol e Tween 80 usando o método de alta energia foi possível. No entanto, novos estudos devem ser conduzidos para melhorar as formulações dos sistemas, a fim de aumentar a estabilidade cinética e/ou reduzir o diâmetro de gotículas das emulsões.

4 I CONCLUSÃO

Concluiu-se que a produção de nanoemulsões de timol com a relação surfactante/timol (RST 1/1) utilizando o Tween 80 como surfactante foi possível. Nanoemulsões com a RST 1/1 apresentaram diâmetros inferiores a 300 nm, quando avaliadas após 3 e 23 dias de armazenamento. Contudo, observou-se que a desestabilização macroscopicamente visível das fases nas nanoemulsões com a RST 1/1 após 23 dias de armazenamento. Assim, faz-se necessária a otimização das formulações contendo timol e/ou do processo de preparo das emulsões, a fim de melhorar a estabilidade cinética dos sistemas obtidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento 001) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica da Universidade Federal do Espírito Santo e aos pesquisadores do Grupo de Estudo Aplicado em Produtos Naturais e Síntese Orgânica (GEAPS-CNPq) pelo suporte em infraestrutura e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J.; SCOTT, B. C.; MURCIA, A.; BUTLER, J.; HALLIWELL, B.; ARUOMA, O. I. Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. **Food and Chemical Toxicology**, v. 32, n. 1, p. 31-36, 1994.

ANTON, N.; VANDAMME, T. F. The universality of low-energy nano-emulsification. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 377, n. 1, p. 142-147, 2009.

DAVOODI, M.; KAVOOSI, G.; SHAKERI, R. Preparation and characterization of potato starch-thymol dispersion and film as potential antioxidant and antibacterial materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 173-179, 2017.

FENG, J.; SHI, Y.; YU, Q.; SUN, C.; YANG, G. Effect of emulsifying process on stability of pesticide nanoemulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 497, p. 286-292, 2016.

FENG, J.; ZHANG, Q.; LIU, Q.; ZHU, Z.; MCCLEMENTS, D. J.; JAFARI, S. M. Application of Nanoemulsions in Formulation of Pesticides. In. JAFARI, S. M.; MCCLEMENTS, D. J. **Nanoemulsions**, Academic Press, 2018, p. 379-413.

GAISFORD, S. Pharmaceutical Preformulation. In: AULTON, M. E.; TAYLOR, K. Aulton's pharmaceutics. **The design and manufacture of medicines**. Elsevier, 2018, p. 380-406.

HU, D.; COASTS, J. Evaluation of the environmental fate of thymol and phenethyl propionate in the laboratory. **Pest Management Science**, v. 7, n. 12, p. 775-779, 2008.

KENTISH, S.; WOOSTER, T. J.; ASHOKKUMAR, M.; BALACHANDRAN, S.; MAWSON, R.; SIMONS, L. The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, n. 2, p. 170-175, 2008.

JAFARI, M. S.; HE, Y.; BHANDARI, B. Nano-emulsion production by sonication and microfluidization - A comparison. **International Journal of Food Properties**, v. 9, n. 3, p. 475-485, 2006.

LA TORRE, A.; CARADONIA, F.; MATERE, A.; BATTAGLIA, V. Using plant essential oils to control Fusarium wilt in tomato plants. **European Journal of Plant Pathology**, v. 144, n. 1, p. 487-496, 2016.

LAMAALLAM, BATALLER, S. H.; DICHARRY, C.; LACHAISE, J. Formation and stability of miniemulsions produced by dispersion of water/oil/surfactants concentrates in a large amount of water. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 270-271, n. 1, p. 44-51, 2005.

LU, W.-C.; HUANG, D.-W.; WANG, C.-C. R.; YEH, C.-H.; TSAI, J.-C.; HUANG, Y.-T.; LI, P.-H. Preparation, characterization, and antimicrobial activity of nanoemulsions incorporating citral essential oil. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 26, n. 1, p. 82-89, 2016.

MCCLEMENTS, D. J.; RAO, J. Food-Grade nanoemulsions: Formulation, fabrication, properties, performance, Biological fate, and Potential Toxicity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 4, p. 285-330, 2011.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsions - Principles, Practices, and Techniques**, 3 ed., Boca Raton: CRC Press, 2016.

NIEDDU, M.; RASSU, NIEDDU, G.; BOATTO, G.; BOSI, P.; TREVISI, P.; GIUNCHEDI, P.; CARTA, A.; GAVINI, E. Improvement of thymol properties by complexation with cyclodextrins: In vitro and in vivo studies. **Carbohydrate Polymers**, v. 102, n. 1, p. 393-399, 2014.

OSTERTAG, F.; WEISS, J.; MCCLEMENTS, D. J. Low-energy formation of edible nanoemulsions: Factors influencing droplet size produced by emulsion phase inversion. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 388, n. 1, p. 95-102, 2012.

PEY, C. M.; MAESTRO, A.; SOLÉ, I.; GONZÁLEZ, C.; SOLANS, C.; GUTIÉRREZ, J. M. Optimization of nano-emulsions prepared by low-energy emulsification methods at constant temperature using a factorial design study. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 288, n. 1, p. 144-150, 2006.

ROBLEDO, N. VERA, P.; LÓPEZ, L.; YAZDANI-PEDRAM, M.; TAPIA, C.; ABUGOCH, L. Thymol nanoemulsions incorporated in quinoa protein/chitosan edible films; antifungal effect in cherry tomatoes. **Food Chemistry**, v. 246, n. 8, p. 211-219, 2018.

ROZMAN, V.; KALINOVIC, I.; KORUNIC, Z. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 4, p. 349-355, 2007.

SOARES, L. S.; MILIÃO, G. L.; TONOLE, B.; SOUZA, G. B.; SOARES, N. F. F.; TEIXEIRA, A. V. N. C.; COIMBRA, J. S. R.; OLIVEIRA, E. B. Chitosan dispersed in aqueous solutions of acetic, glycolic, propionic or lactic acid as a thickener/stabilizer agent of O/W emulsions produced by ultrasonic homogenization. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 59, n. 12, p. 104754, 2019.

SOARES, L. S.; FARIA, J. T.; AMORIM, M. L.; ARAÚJO, J. M.; MINIM, L. A.; COIMBRA, J. S. R.; TEIXEIRA, A. V. N. C.; OLIVEIRA, E. B. Rheological and physicochemical studies on emulsions formulated with chitosan previously dispersed in aqueous solutions of lactic acid. **Food Biophysics**, v. 12, n. 1, p; 109-118, 2017.

TADROS, T.; IZQUIERDO, P.; ESQUENA, J. SOLANS, C. Formation and stability of nano-emulsions. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 108, n. 5; p. 303-318, 2004.

WALKER, R. M.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Physical and oxidative stability of fish oil nanoemulsions produced by spontaneous emulsification: Effect of surfactant concentration and particle size. **Journal of Food Engineering**, v. 164, n. 1, p. 10-20, 2015.

WANG, L. LI, X.; ZHANG, G.; DONG, J.; EASTOE, J. Oil-in-water nanoemulsions for pesticide formulations. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 314, n. 1, p. 230-235, 2007.

WANG, L.; DONG, J.; CHEN, J., EASTOE, J., LI, X. Design and optimization of a new self-nanoemulsifying drug delivery system. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 330, n. 2, p. 443-448, 2009.

CAPÍTULO 16

GLICOPOLÍMEROS TERMORRESPONSIVOS: EFEITO DA D-GLICOSE NO COMPORTAMENTO ASSOCIATIVO

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 15/01/2021

Karoline Nóbrega Celino
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/6715261695099978

Nívia do Nascimento Marques
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/6620063682882340

Marcos Antonio Villetti
Universidade Federal de Santa Maria
Departamento de Física, Laboratório de Espectroscopia e Polímeros (LEPOL), Santa Maria – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/8504489050993642

Maurício Rodrigues Borges
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/7409076038495589

Rosangela de Carvalho Balaban
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/7711521318854102

RESUMO: Glicopolímeros termorresponsivos foram preparados por polimerização radicalar, usando diferentes quantidades de N-isopropilacrilamida (NIPAM) e 6-O-viniladipoil D-glicose (ADG) no meio reacional. As amostras foram caracterizadas estruturalmente por espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier. O comportamento associativo dos polímeros em meio aquoso foi acompanhado através de medidas reológicas e de espalhamento de luz dinâmico (DLS). A razão molar NIPAM/ADG teve efeito pronunciado nas propriedades dos copolímeros. Aqueles preparados com razão molar NIPAM/ADG 3/7, 1/1 e 7/3 no meio reacional foram insolúveis em água, enquanto os sintetizados com razão molar NIPAM/ADG 9/1 e 1/9 foram solúveis em água. O copolímero solúvel em água com menor quantidade de ADG apresentou maior viscosidade que o homopolímero poli(N-isopropilacrilamida) (PNIPAM) em água e, ao contrário da PNIPAM, o copolímero apresentou comportamento termoviscosificante.

PALAVAS - CHAVE: transesterificação enzimática, polímeros associativos, polímeros termorresponsivos, reologia.

THERMORESPONSIVE GLYCOPOLYMERS: EFFECT OF D-GLUCOSE ON THE ASSOCIATIVE BEHAVIOUR

ABSTRACT: Thermoresponsive glycolpolymers were prepared by free-radical polymerization, using different amounts of N-isopropylacrylamide (NIPAM) and 6-O-vinyladipoyl D-glucose (ADG) in the feed. The samples were structurally

characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy. The associative behaviour of the polymers in aqueous medium was followed by measurements of the rheological properties and dynamic light scattering (DLS). The NIPAM/ADG molar ratio was found to have pronounced effect on the properties of the copolymers. The ones prepared with NIPAM/ADG molar ratio 3/7, 1/1 and 7/3 in the feed were insoluble in water, whereas the synthesized with NIPAM/ ADG molar ratio 9/1 and 1/9 were water-soluble. The water-soluble copolymer with lower amount of ADG displayed higher viscosity than PNIPAM homopolymer in water and, contrary to PNIPAM, the copolymer exhibited thermothickening behaviour.
KEYWORDS: enzymatic transesterification, associative polymers; thermoresponsive polymers; rheology.

1 I INTRODUÇÃO

A crescente pesquisa em polímeros associativos vem da capacidade desses materiais em atuarem como modificadores reológicos. Sua natureza anfifílica induz associações hidrofóbicas na água, que podem levar a um aumento substancial da viscosidade mesmo em baixas concentrações de polímero. Uma vez submetidos ao cisalhamento, a viscosidade diminui devido à dissociação dos agregados, que são reconstruídos após a remoção do cisalhamento. Este desempenho é vantajoso em muitas áreas, com potencial aplicação em tintas, alimentos, cosméticos, recuperação de petróleo e produtos biomédicos (DU; DONG; KE; REN, 2018; LEE; PARK; YANG; LEE *et al.*, 2019; MARQUES; BALABAN; HALILA; BORSALI, 2018).

Recentemente, os polímeros termorresponsivos com temperatura consoluta inferior (lower critical solution temperature - LCST) em água, têm atraído muita atenção devido à capacidade de associações em função do aumento da temperatura. Em baixas temperaturas, eles são solúveis em água, mas conforme o sistema se aproxima da LCST, eles se tornam insolúveis, devido a associações hidrofóbicas e perda da água de hidratação. A Poli(*N*-isopropilacrilamida) (PNIPAM) é o polímero termorresponsivo mais estudado, devido a sua biocompatibilidade e LCST em torno de 32 ° C, o que torna este polímero particularmente interessante para aplicações biomédicas (DO NASCIMENTO MARQUES; DA SILVA MAIA; DE CARVALHO BALABAN, 2015; WEI; ZHAO; WANG; WANG *et al.*, 2019).

As soluções aquosas de PNIPAM apresentam viscosidade muito baixa em temperatura ambiente e, em baixas concentrações, com o aumento da temperatura, a viscosidade sofre acentuada diminuição, o que restringe sua aplicação como agente espessante. A fim de melhorar esse desempenho, a copolimerização da *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) com diversos comonômeros ou polímeros têm sido estudada (DO NASCIMENTO MARQUES; DE LIMA; DE CARVALHO BALABAN, 2016; VAN MASTRIGT; STOFFELSMA; WEVER; PICCHIONI, 2017).

O monômero 6-O-viniladipoil-D-glicose (ADG), produzido por transesterificação enzimática, exibe autoassocia**çã**o em meio aquoso devido à estrutura química anfifílica, uma cabeça hidrofílica de D-glicose e cauda hidrofóbica de adipato de vinila. Sendo

assim, os copolímeros **à base** de NIPAM e ADG **têm sido empregados em** estudos de reconhecimento de proteínas e liberação controlada de fármacos (JAFARI; YILMAZ; BECER, 2021; LOU; WANG; WILLIAMS; NIE *et al.*, 2014; LOU; ZHANG; WILLIAMS; BRANFORD-WHITE *et al.*, 2013; RAKU; TOKIWA, 2001; SUN; BLIGH; NIE; QUAN *et al.*, 2014; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014). Entretanto, os efeitos da adição crescente de ADG nas propriedades dos copolímeros poli(NIPAM/ADG) ainda não foram reportados.

Nesse trabalho, copolímeros poli(NIPAM/ADG) foram preparados em diferentes razões molares NIPAM/ADG e as associações intermoleculares em meio aquoso foram avaliadas por reometria e espalhamento de luz dinâmico.

2 I EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

D-glicose foi adquirida da LabSynth, diviniladipato (DVA) foi obtido da Tokyo Kasei Kogyo Co. Ltd, N-isopropilacrilamida (NIPAM) e N,N,N′,N′-tetrametiletleneodiamina (TEMED) foram adquiridas da Sigma-Aldrich. A enzima protease Bacillus subtilis (100 U/mg) alcalina foi gentilmente doada pela Biovet, persulfato de potássio (KPS) foi adquirido da Lafan e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi obtido da Dinâmica. Dimetilformamida (DMF) foi fornecida pela Quimex, clorofórmio ($CHCl_3$) foi adquirido da BIOTEC reagentes analíticos e metanol (CH_3OH) foi fornecido pela LabSynth. Todos os reagentes são de grau analítico e foram utilizados como recebidos.

2.2 Síntese do 6-O-viniladipoil D-glicose (ADG)

A transesterificação do DVA com a D-glicose foi realizada via catálise enzimática, conforme descrito previamente por nosso grupo de pesquisa (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009), mas com algumas modificações. Nesse caso, a D-glicose (0,125 mol) foi dissolvida em 105 mL de DMF/água (20/1, v/v), a 50 °C, seguido pela adição do DVA (0,5 mol). A reação foi iniciada com a adição da enzima *protease de Bacillus subtilis* alcalina (40 mg/mL) e prosseguiu por 7 dias, a 50 °C. Em seguida, a enzima foi filtrada e o sistema submetido à rota-evaporação. A purificação foi realizada em coluna cromatográfica de sílica gel preenchida com $CHCl_3$, que foi eluída com uma mistura de $CHCl_3$:CH_3OH nas proporções 1:0; 9:1 e 1:1, respectivamente, para separar o ADG do açúcar residual. As frações foram identificadas utilizando cromatografia de camada delgada, com placa de sílica suportada em alumínio, tendo como eluente uma mistura de acetato de etila/metanol/água nas proporções 7:2:1, respectivamente, com revelação em solução de ácido sulfúrico (10%), a quente.

2.3 Síntese do poli(ADG)

O poli(ADG) foi preparado via polimerização radicalar do ADG (500 $mmol.L^{-1}$) em água, utilizando o par KPS/ H_2O_2 (5 mg/5 µL) como iniciadores. A reação ocorreu por 24 horas, a 60 °C, sob agitação magnética e atmosfera de N_2(g). O polímero foi recuperado por recristalização em acetona.

2.4 Síntese da PNIPAM e dos copolímeros poli(NIPAM/ADG)

PNIPAM e os copolímeros poli(NIPAM/ADG) foram obtidos de acordo com as concentrações apresentadas na Tabela 1. As reações ocorreram em água, via radicais livres (KPS/TEMED = 7,5 $mmol.L^{-1}$/3 $mmol.L^{-1}$), a 25 ° C, por 3 horas, sob atmosfera de N_2(g) e agitação magnética. PNIPAM, PNA91, PNA73 e PNA11 foram purificados por precipitação em água quente. As amostras preparadas com menor quantidade de NIPAM no meio reacional, PNA37 e PNA19, foram dialisadas em água. Todas as amostras foram recuperadas por liofilização.

Polímero	NIPAM:ADG	NIPAM ($mol.L^{-1}$)	ADG ($mol.L^{-1}$)	Rendimento (%)
PNIPAM	10:0	150	0	78
PNA91	9:1	135	15	67
PNA73	7:3	105	45	33
PNA11	1:1	75	75	27
PNA37	3:7	45	105	10
PNA19	1:9	15	135	1

Tabela 1. Quantidade de monômero usada durante as sínteses e o rendimento das reações.

2.5 Infravermelho

Os espectros na região do infravermelho foram obtidos em um espectrômetro Spectrum65, da Perkin Elmer, equipado com um acessório de reflectância total atenuada (Attenuated Total Reflectance - ATR). Os dados foram obtidos na faixa de 4000 a 400 cm^{-1}.

2.6 Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS)

Medidas de espalhamento de luz dinâmico (Dynamic Light Scattering - DLS) foram realizadas usando um goniômetro da Brookhaven, equipado com um laser linear polarizado de He-Ne operando no comprimento de onda de 632,8 nm. O ângulo de espalhamento foi de 90°. As amostras foram filtradas através de membranas de acetato de celulose com tamanho de poro de 0,45 µm antes das medidas. As distribuições dos tempos de relaxação

e os diâmetros hidrodinâmicos (Dh) foram obtidos a partir das funções de autocorrelação, utilizando o programa GENDIST, que trabalha com o algoritmo REPES._

2.7 Reometria

O comportamento reológico das amostras no meio aquoso foi estudado em um reômetro HAAKE MARS da Thermo Fischer Sicentific. O equipamento **é** equipado com cilindros coaxiais (modelo DG41) e acoplado a um banho termostático. As amostras foram submetidas a duas corridas diferentes, a primeira consistindo em uma varredura de 0-1000 s^{-1}, a 20 ° C, e a segunda consistindo no aquecimento das soluções de 25 a 50 ° C, a 20 e 100 s^{-1}.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização estrutural dos materiais

No espectro de infravermelho do ADG, são visualizados os estiramentos das ligações C-O e O-H (1132 e 3389 cm^{-1}, respectivamente) associados à D-glicose, e os estiramentos C=C, $C=O_{(éster)}$, C_{sp3}-H, C_{sp2}-H (1646, 1749, 2900 e 3092 cm^{-1}, respectivamente) associados ao ADV, que comprovam a presença dos grupos funcionais vinil, éster e álcool na molécula. A posição dos estiramentos no espectro do poli(ADG) comprova a presença dos grupos funcionais éster e álcool, do ADG, enquanto a presença de estiramento C=C de baixa intensidade é atribuído ao resíduo do monômero ADG, mesmo após a purificação por recristalização do produto final (Figura 1) (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014).

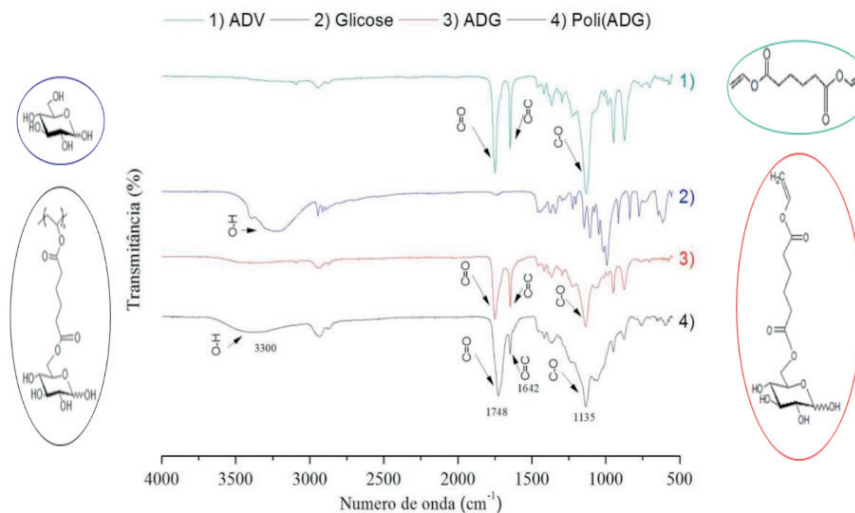



Figura 1. Espectros de infravermelho do 1) ADV 2) D-glicose 3) ADG 4) Poli(ADG).

Na síntese dos copolímeros, o aumento da quantidade de ADG na alimentação promoveu a diminuição do rendimento da reação (Tabela 1). O impedimento estérico da ligação dupla, provocado pelo tamanho do grupo lateral e a auto-organização micelar são os principais responsáveis pela baixa reatividade do ADG. Nos espectros de infravermelho dos copolímeros (Figura 2), foram observados os estiramentos atribuídos aos grupos funcionais amida, éster e álcool presentes nos meros de NIPAM e ADG, comprovando a obtenção dos copolímeros (DO NASCIMENTO MARQUES; CURTI; DA SILVA MAIA; BALABAN, 2013; WANG; WILLIAMS; NIE; QUAN *et al.*, 2014).

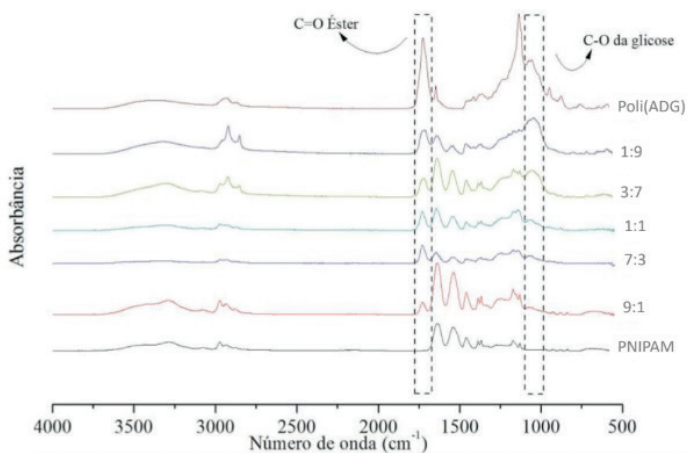



Figura 2. Espectros no infravermelho da PNIPAM, do poli(ADG) e dos copolímeros poli(NIPAM-*co*-ADG).

Após a purificação dos copolímeros, observou-se que apenas as amostras PNA91 e PNA19 foram solúveis em água. Esse comportamento é justificado pela tendência de agregação micelar da cadeia, pelas associações hidrofóbicas e as fortes ligações de hidrogênio intermoleculares. No caso das amostras insolúveis, são formados agregados muitos compactos, que dificultam a penetração do solvente e o intumescimento das cadeias poliméricas.

3.2 Espalhamento de luz dinâmico (DLS)

Para avaliação da existência e do tamanho dos agregados, as amostras solúveis em água foram analisadas por DLS (Figura 3). Os tempos de relaxação rápidos são relacionados às cadeias livres, enquanto os modos de relaxação longos são relacionados aos agregados (MAIA; VILLETTI; VIDAL; BORSALI *et al.*, 2011).

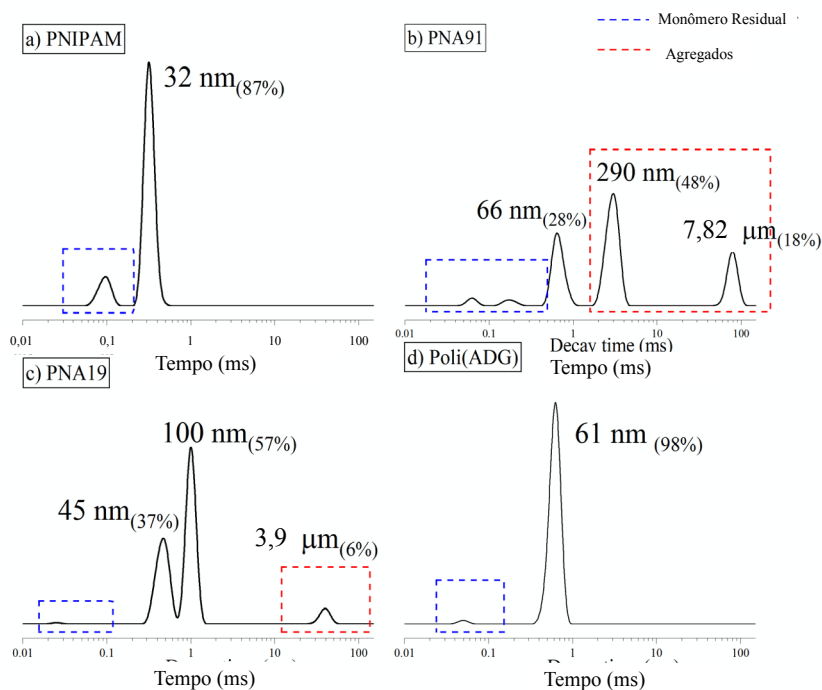



Figura 3. Tempos de relaxação e os respectivos diâmetros hidrodinâmicos da (a) PNIPAM, (b) PNA91, (c) PNA19 e (d) poli(ADG), a 25 ºC.

Comparando os copolímeros PNA91 e PNA19, é possível verificar a formação de uma distribuição bimodal na amostra PNA19, indicativo da formação de cadeias com predominância de um dos meros, provavelmente sendo o ADG predominante no grupo de maior D_h (100 nm) e NIPAM no grupo de menor D_h (45 nm). Também é possível visualizar

a formação de agregados nas duas amostras. Entretanto, a amostra PNA91 apresenta 66% de agregados enquanto a amostra PNA19 apresentou apenas 6%. Essa redução no número de agregados, provavelmente, é um reflexo da dificuldade de empacotamento micelar imposta pelas ligações covalentes entre os meros de ADG.

Esses dados ajudam a justificar a insolubilidade dos outros copolímeros sintetizados. Possivelmente, nas amostras insolúveis, ocorre a formação de agregados micelares compactos. Esses agregados são formados durante a síntese, ou seja, a agregação ocorre logo após as cadeias serem formadas e a partícula se torna insolúvel. Nas amostras PNA91 e PNA19, a agregação ocorre, mas não o suficiente para tornar a amostra insolúvel. Espera-se que, quanto maior a quantidade de meros de ADG, maior será a tendência de agregação. Porém, na proporção reacional NIPAM:ADG de 1:9, as ligações covalentes entre os meros de ADG restringem o movimento da cadeia e, por impedimento estérico, o empacotamento é ineficiente, e permite a penetração do solvente, o que justifica a solubilidade da amostra PNA19.

3.3 Reometria

A Figura 4 apresenta as curvas de viscosidade, a 20 ^{o}C, para (a) PNIPAM e (b) copolímero PNA91, em água destilada. Ambas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico, devido à orientação das cadeias poliméricas na direção do fluxo. No entanto, esse comportamento foi mais pronunciado na PNA91, possivelmente, devido ao efeito combinado do desenovelamento das cadeias e o rompimento dos agregados observados por DLS.

Como esperado, para ambas as amostras, quanto maior a concentração do polímero, maior a viscosidade, devido à maior quantidade de macromoléculas no meio. No entanto, em cada concentração, o copolímero PNA91 apresentou uma viscosidade muito maior do que a PNIPAM. Este efeito foi atribuído a: (i) presença de agregados em baixas taxas de cisalhamento, uma vez que as concentrações de polímero apresentadas na Figura 4 estão todas acima da concentração micelar crítica (CMC) da PNA91 (CMC = 0,31 g.L^{-1}) (SUN; BLIGH; NIE; QUAN *et al.*, 2014); (ii) os grupos D-glicose atuaram como espaçadores, aumentando o volume hidrodinâmico das cadeias livres (DLS). É bem sabido que a viscosidade é consequência do diâmetro hidrodinâmico das moléculas em um determinado solvente e, portanto, quanto maior o diâmetro hidrodinâmico, maior a viscosidade. Mesmo uma pequena quantidade de ADG nas cadeias de copolímero foi suficiente para aumentar substancialmente o volume ocupado pelas macromoléculas em água e aumentar a viscosidade do sistema.

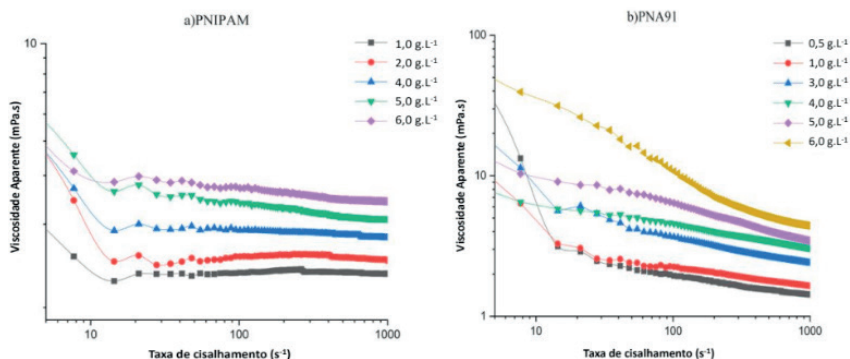



Figura 4. Curvas de viscosidade em água para (a) PNIPAM e (b) PNA91, a diferentes concentrações de polímero, a 20 °C.

A Figura 5 mostra o efeito da temperatura no comportamento reológico da PN91 em água destilada, a uma concentração de polímero de 0,1 $g.L^{-1}$ (abaixo da sua CMC). Os testes foram realizados em baixa (20 s^{-1}) e alta taxa de cisalhamento (100 s^{-1}). Em baixa taxa de cisalhamento, a amostra exibiu comportamento termoviscosificante, atribuído à agregação entre os grupos isopropil da PNIPAM com aquecimento. Em 100 s^{-1}, o cisalhamento é alto o suficiente para romper as interações hidrofóbicas e o polímero ganha mais mobilidade com o aumento da temperatura, resultando em uma solução translúcida antes e após o aquecimento.

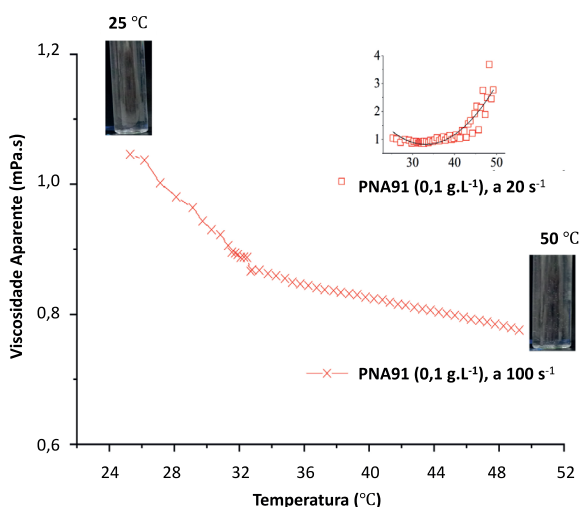



Figura 5. Efeito da temperatura na viscosidade da solução aquosa de PNA91 a 20 s^{-1} e 100 s^{-1}, e o aspecto da solução antes e após o aquecimento.

4 I CONCLUSÕES

O procedimento de síntese utilizado levou à obtenção de copolímeros solúveis e insolúveis, através da variação da razão molar dos comonômeros, ADG e NIPAM, ambos monômeros solúveis em meio aquoso. Não há relato, na literatura de formação de estruturas insolúveis a partir da copolimerização desses monômeros.

É possível que a tendência natural de agregação micelar, resultante da incorporação de ADG na cadeia, justifique a produção de copolímeros insolúveis (nas razões de alimentação 7:3, 1:1 e 3:7). Nesses casos, a tendência de agregação dos meros de ADG aliada à associação hidrofóbica dos grupos isopropil nos meros de NIPAM, justificaria a produção de copolímeros que interagem melhor entre si do que com o solvente, ainda durante a síntese.

A diminuição do rendimento da reação, com o aumento da incorporação de ADG é associada à menor reatividade do monômero, decorrente do impedimento estérico na ligação vinílica, assim como as condições de temperatura e concentração dos monômeros na síntese dos copolímeros, já que foi observado que nas condições empregadas para síntese dos copolímeros não há formação de poli(ADG).

Os resultados de infravermelho comprovaram a obtenção do monômero de ADG e do Poli(ADG). Nos copolímeros, foi possível visualizar a presença dos grupos amida, éster e álcool, presentes nos monômeros de partida, comprovando a incorporação dos monômeros.

Os resultados da análise reológica confirmaram o comportamento associativo da PNA91 em solução, decorrente dos agregados visualizados por DLS, que conferem uma viscosidade mais alta que para a PNIPAM em água. Foi possível comprovar que os agregados formados pelo PNA91 dependem da concentração e taxa de cisalhamento. Em baixas taxas, comportamento termoviscosificante foi observado para o PNA91.

Assim, é possível inferir que a propriedade termoassociativa dos meros de NIPAM e a de auto agregação micelar dos meros de ADG, foram as principais responsáveis por maximizar as interações intra e intermoleculares dos copolímeros finais, levando, a depender da razão de alimentação durante a síntese, à produção de polímeros com características de solubilidade e associação, em solução, extremamente distintas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BORGES, M. R.; SANTOS, J. A. D.; VIEIRA, M.; BALABAN, R. Polymerization of a water soluble glucose vinyl ester monomer with tensoactive properties synthesized by enzymatic catalyst. **Materials Science and Engineering: C**, 29, n. 2, p. 519-523, 2009/03/01/ 2009.

DO NASCIMENTO MARQUES, N.; CURTI, P. S.; DA SILVA MAIA, A. M.; BALABAN, R. D. C. Temperature and pH effects on the stability and rheological behavior of the aqueous suspensions of smart polymers based on N-isopropylacrylamide, chitosan, and acrylic acid. **Journal of Applied Polymer Science**, 129, n. 1, p. 334-345, 2013.

DO NASCIMENTO MARQUES, N.; DA SILVA MAIA, A. M.; DE CARVALHO BALABAN, R. Development of dual-sensitive smart polymers by grafting chitosan with poly (N-isopropylacrylamide): An overview. **Polimeros**, 25, n. 3, p. 237-246, 2015.

DO NASCIMENTO MARQUES, N.; DE LIMA, B. L. B.; DE CARVALHO BALABAN, R. Carboxymethylcellulose Grafted to Amino-Terminated Poly(N-isopropylacrylamide): Preparation, Characterization and Evaluation of the Thermoassociative Behaviour at Low Concentrations. **Macromolecular Symposia**, 367, n. 1, p. 126-135, 2016.

DU, Z.; DONG, R.; KE, K.; REN, B. Multiple stimuli-responsive rheological behavior of a functionalized telechelic associative model polymer in aqueous solution. **Journal of Rheology**, 62, p. 1233-1243, 09/01 2018.

JAFARI, F.; YILMAZ, G.; BECER, C. R. Stimuli-responsive glycopolymers and their biological applications. **European Polymer Journal**, 142, p. 110147, 2021/01/05/ 2021.

LEE, J. S.; PARK, D.; YANG, T.; LEE, J. Y. *et al.* Controlled rheological behaviors of hyaluronic acid solutions through attractive polymeric micelle-mediated interchain association. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 75, p. 61-68, 2019/07/25/ 2019.

LOU, S.-F.; WANG, L.; WILLIAMS, G. R.; NIE, H. *et al.* Galactose functionalized injectable thermoresponsive microgels for sustained protein release. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 113, p. 368-374, 2014/01/01/ 2014.

LOU, S.-F.; ZHANG, H.; WILLIAMS, G. R.; BRANFORD-WHITE, C. *et al.* Fabrication and aggregation of thermoresponsive glucose-functionalized double hydrophilic copolymers. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 105, p. 180-186, 2013/05/01/ 2013.

MAIA, A. M. S.; VILLETTI, M. A.; VIDAL, R. R. L.; BORSALI, R. *et al.* Solution properties of a hydrophobically associating polyacrylamide and its polyelectrolyte derivatives determined by light scattering, small angle X-ray scattering and viscometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 22, n. 3, p. 489-500, 2011.

MARQUES, N. D. N.; BALABAN, R. D. C.; HALILA, S.; BORSALI, R. Synthesis and characterization of carboxymethylcellulose grafted with thermoresponsive side chains of high LCST: The high temperature and high salinity self-assembly dependence. **Carbohydrate Polymers**, 184, p. 108-117, 2018.

RAKU, T.; TOKIWA, Y. Synthesis of thermosensitive polymers containing sugar branches. **Journal of Applied Polymer Science**, 80, p. 384-387, 04/18 2001.

SUN, K.; BLIGH, A.; NIE, H.-L.; QUAN, J. *et al.* Lectin recognizing thermoresponsive double hydrophilic glycopolymer micelles by RAFT polymerization. **RSC Adv.**, 4, 08/11 2014.

VAN MASTRIGT, F.; STOFFELSMA, T.; WEVER, D. A. Z.; PICCHIONI, F. Thermoresponsive comb polymers as thickeners for high temperature aqueous fluids. **Materials Today Communications**, 10, p. 34-40, 2017. Article.

WANG, L.; WILLIAMS, G. R.; NIE, H.-L.; QUAN, J. *et al.* Electrospun glycopolymer fibers for lectin recognition. **Polymer Chemistry**, 5, n. 8, p. 3009-3017, 2014. 10.1039/C3PY01332D.

WEI, Z.; ZHAO, W.; WANG, Y.; WANG, X. *et al.* Novel PNIPAm-based electrospun nanofibres used directly as a drug carrier for “on-off” switchable drug release. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 182, p. 110347, 2019/10/01/ 2019.

CAPÍTULO 17

PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO DE POLI(*N*-ISOPROPILACRILAMIDA-*CO*-LAURATO DE VINILA)

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/01/2021

Mariana Alves Leite Dutra
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET)
Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/7926629027032658

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET)
Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/1269987827095427

Nívia do Nascimento Marques
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET)
Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/6620063682882340

Marcos Antonio Villetti
Universidade Federal de Santa Maria
Departamento de Física, Laboratório de Espectroscopia e Polímeros (LEPOL)
Santa Maria – Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/8504489050993642

Maurício Rodrigues Borges
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET)
Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/7409076038495589

Rosangela de Carvalho Balaban
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Instituto de Química, Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET)
Natal – Rio Grande do Norte
http://lattes.cnpq.br/7711521318854102

RESUMO: Copolímeros anfifílicos e termorresponsivos de *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) e laurato de vinila (LV) foram preparados em meio aquoso, usando $K_2S_2O_8$/H_2O_2 como iniciadores. A caracterização estrutural foi feita por espectroscopia no infravermelho (IV) e ressonância magnética nuclear (RMN) e o comportamento associativo em meio aquoso foi investigado por meio de medidas de espalhamento de luz dinâmico (DLS) e reologia. Um total de 7 e 13% de laurato de vinila foram incorporados aos copolímeros, conforme determinado por RMN. Os dados de DLS revelaram a formação de agregados mesmo a temperaturas inferiores à LCST da PNIPAM. As amostras também exibiram comportamento associativo dependendo da quantidade de LV nos copolímeros, como indicado por reologia e DLS.

PALAVRAS - CHAVE: Copolímero anfifílico, laurato de vinila, PNIPAM, polímero termorresponsivo.

PROPERTIES IN AQUEOUS MEDIUM OF POLY(*N*-ISOPROPYLACRYLAMIDE-*CO*-VINYL LAURATE)

ABSTRACT: Amphiphilic and thermoresponsive copolymers of *N*-isopropylacrylamide (NIPAM) and vinyl laurate (VL) were prepared in aqueous medium, using $K_2S_2O_8/H_2O_2$ as initiator system. The structural characterization was performed by infrared (IR) and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy and their associative behavior in aqueous medium was investigated by means of dynamic light scattering (DLS) and rheological measurements. The total of 7 and 13 % of vinyl laurate were incorporated to the copolymers, as determined by NMR. DLS results displayed the formation of polymer aggregates even at temperatures below the corresponding LCST of PNIPAM. The samples also exhibited an associative behavior depending on VL content in the copolymers, as indicated by rheology and DLS.
KEYWORDS: Amphiphilic copolymer, vinyl laurate, PNIPAM, thermoresponsive polymer.

1 I INTRODUÇÃO

Polímeros termorresponsivos são caracterizados por apresentarem uma alteração reversível em sua estrutura/propriedades em resposta a pequenas variações na temperatura. A poli(*N*-isopropilacrilamida) (PNIPAM) é o polímero termorresponsivo mais estudado, apresentando uma temperatura consoluta inferior (lower critical solution temperature – LCST) em torno de 32 °C em água. Isso significa que a PNIPAM é solúvel em água abaixo da LCST, devido à formação de ligações de hidrogênio polímero-solvente, e insolúvel acima dela, devido à ruptura das interações polímero-solvente e agregação das cadeias poliméricas. Esse comportamento tem levado a uma ampla gama de aplicabilidades em diferentes áreas, incluindo liberação controlada de fármacos, separação cromatográfica e recuperação aumenta de petróleo (CARVALHO; LEE; ZHANG; CZARNECKI *et al.*, 2021; CHEN; JIANG; ZHEN, 2020; WU; WANG; CHEN; GHOSH, 2014).

O comportamento associativo da PNIPAM pode ser controlado através da incorporação de monômeros hidrofílicos ou hidrofóbicos. Quando sujeitos a mudanças na temperatura, a adição de monômeros hidrofílicos resulta em um aumento na LCST, enquanto a adição de monômeros hidrofóbicos diminui a LCST. Ao contrário da adição de monômeros hidrofílicos, os efeitos da introdução de monômeros hidrofóbicos nas propriedades de copolímeros baseados em *N*-isopropilacrilamida ainda têm sido pouco investigados (SUN; LIU; CHENG; ZHANG *et al.*, 2005; YANG; LEE; KIM, 2011). Cao e colaboradores (2005), por exemplo, prepararam copolímeros de poli(*N*-isopropilacrilamida-*co*-laurato de vinila) em várias razões molares, via polimerização radicalar com 2,2'-azoisobutironitrila (AIBN), em solvente orgânico (tetrahidrofurano, THF). A incorporação de LV levou a LCST menores que a temperatura de turvação observada para a PNIPAM, promovendo a formação de agregados (CAO; LIU; GAO; YAO *et al.*, 2005).

O uso de solventes menos agressivos ao meio ambiente tem atraído considerável atenção. O objetivo é explorar técnicas e metodologias que reduzam ou eliminem a

utilização ou a geração de produtos, subprodutos, solventes e reagentes que são perigosos para a saúde humana ou para o ambiente. A vantagem de usar solventes não tóxicos, como a água, torna o método mais simples, além de propiciar a ausência de solventes orgânicos e catalisadores que agridem o meio ambiente. Evitando um solvente desse tipo, reduz-se o número de componentes na reação, elimina-se problemas de emissão de solvente e evita-se a preocupação com requisitos de reciclagem de solventes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo preparar em meio aquoso copolímeros termorresponsivos usando monômeros de diferentes polaridades, *N*-isopropilacrilamida (NIPAM) e laurato de vinila (LV), e avaliar o efeito do LV nas propriedades associativas dos produtos.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

N-isopropilacrilamida (NIPAM) foi fornecida pela Sigma Aldrich. Laurato de vinila (LV) foi adquirido da Tokyo Chemical Industries Co., Ltd. Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi obtido da Alphatec Química Fina, persulfato de potássio ($K_2S_2O_8$) foi obtido da from Lafan Química Fina e acetona (C_3H_6O) foi fornecida pela ProQuímicos. Todos os materiais foram utilizados sem purificação prévia.

2.2 Síntese da PNIPAM e dos copolímeros Poli(NIPAM-co-LV)

As sínteses foram feitas de acordo com a metodologia proposta por Borges e colaboradores (2009) (BORGES; SANTOS; VIEIRA; BALABAN, 2009) nas condições apresentadas na Tabela 1. Os monômeros (total de 2,0 gramas) foram adicionados à 10 mL de água, sob agitação magnética, com borbulhamento de nitrogênio gasoso por 10 minutos. Em seguida, $K_2S_2O_8$ e H_2O_2 foram adicionados e a solução foi mantida a 60 °C, sob agitação magnética constante, sob atmosfera de nitrogênio gasoso. Os produtos foram dialisados em água destilada e os produtos foram recuperados por liofilização.

Polímero	NIPAM (mol%)	LV (mol %)	$K_2S_2O_8$ (mmol/L)	H_2O_2 (μL)
PNIPAM	100	0	7.4	20
Poli(NIPAM93-LV7)	75	25	7.4	20
Poli(NIPAM87-LV13)	50	50	7.4	20

Tabela 1 – Quantidades de reagentes utilizadas nas sínteses

2.3 Infravermelho (IV)

Os espectros na região do infravermelho foram obtidos em um espectrômetro Spectrum65, da Perkin Elmer, equipado com um acessório de reflectância total atenuada (Attenuated Total Reflectance - ATR). Os dados foram coletados na faixa de 4000 a 600 cm^{-1}.

2.4 Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

Os espectros de RMN de ^{1}H foram obtidos em um espetrômetro Bruker Avance III 600 MHz. As análises foram feitas a 25 ºC, usando $CDCl_3$ como solvente.

2.5 Espalhamento de Luz Dinâmico

Medidas de espalhamento de luz dinâmico (Dynamic Light Scattering - DLS) foram realizadas em um goniômetro da Brookhaven equipado com laser de He-Ne, operando a um comprimento de onda de 637 nm, a um ângulo fixo de 90 °. As amostras foram dissolvidas em água, a uma concentração de 1 g/L, e analisadas a diferentes temperaturas (20, 25 e 30 ºC) antes filtração (AF) e depois da filtração (DF) em um filtro de Nylon com diâmetro de 0,45 µm. As distribuições de tempos de relaxação foram obtidas a partir das funções de autocorrelação, utilizando o programa GENDIST, que trabalha com o algoritmo REPES.

2.6 Reologia

Medidas reológicas das soluções poliméricas foram realizadas em um reômetro Haake Mars da Thermo, equipado com sensor de cilindros coaxiais DG41 e acoplado a um banho termostático Haake DC50. As amostras foram dissolvidas em água, a uma concentração de 5 g/L, e analisadas na faixa 20 a 40 °C, na taxa de cisalhamento de 1 s^{-1}.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os espectros no infravermelho para a PNIPAM e os copolímeros. Eles exibem bandas referentes à amida I (C=O) em 1635 cm^{-1} e amida II (N-H) em 1540 cm^{-1}, além dos sinais em 1367 e 1387 cm^{-1}, atribuídos aos grupos isopropil da PNIPAM. A presença do laurato de vinila no espectro dos copolímeros foi evidenciada pelo aparecimento do pico em 1740 cm^{-1}, atribuído ao estiramento de carbonila de éster (MARQUES; GARCIA; MADRUGA; VILLETTI *et al.*, 2019; MARQUES; LIMA; SILVEIRA; LIMA *et al.*, 2016).

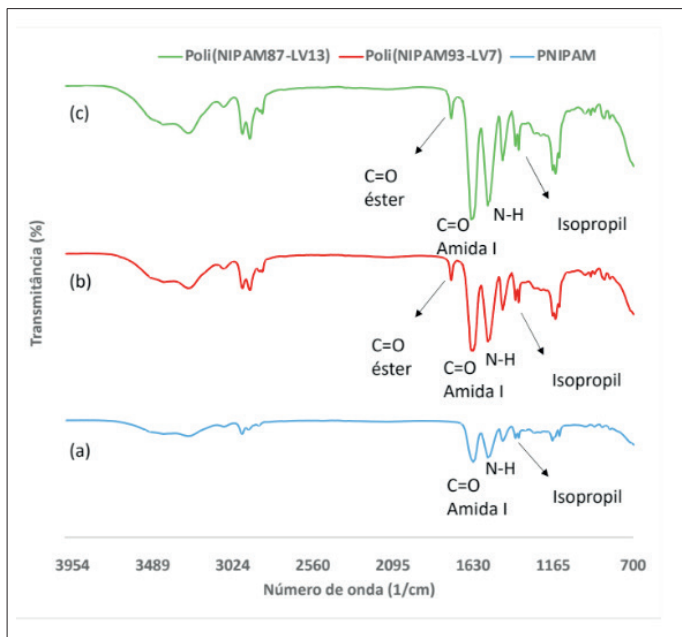



Figura 1 - Espectros no infravermelho da (a) PNIPAM, (b) Poli(NIPAM93-LV7) e (c) Poli(NIPAM87-LV-13)

A Figura 2(a) apresenta o espectro de RMN de ^{1}H da PNIPAM. O sinal em 1,13 ppm pode ser atribuído aos hidrogênios metílicos da PNIPAM, enquanto os sinais em 1,26 e 2,71 ppm correspondem aos hidrogênios dos grupos CH_2 e CH da cadeia principal, respectivamente. O sinal em 3,71 ppm foi atribuído ao hidrogênio do grupo NH, e o hidrogênio metínico do grupo isopropil foi observado a 3,99 ppm. A Figura 2(b) exibe o espectro de do Poli(NIPAM93-LV7). O sucesso na copolimerização foi identificado pela presença dos sinais relativos à ambas as unidades monoméricas: hidrogênios metílicos a 0,88 ppm (a) e metilênicos entre 1,26 e 2,29 ppm (b-k) para as unidades de laurato de vinila, assim como os sinais em 3,99 ppm (r) e 1,13 ppm (s,t) para os hidrogênios metínicos e metílicos, respectivamente, da NIPAM (CAO; LIU; GAO; YAO *et al.*, 2005; MARQUES; GARCIA; MADRUGA; VILLETTI *et al.*, 2019). O espectro do Poli(NIPAM87-LV13) é similar ao espectro do Poli(NIPAM93-LV7) (dados não mostrados). Entretanto, a intensidade dos picos mudou de acordo com as quantidades de NIPAM e LV no meio reacional. Os picos correspondentes aos hidrogênios H_r da PNIPAM e H_a do laurato de vinila foram usados para estimar a porcentagem real de cada mero no copolímero, de acordo com a Equação 1:

$$\text{NIPAM (mol\%)} = (I_{Hr} x100)/[(I_{Ha}/3)+I_{Hr}] \quad (1)$$

Em que que I_{Hr} e I_{Ha} são as integrais dos hidrogênios “r” da NIPAM e “a” do laurato

de vinila. O copolímero sintetizado na proporção reacional de 75% em mol de NIPAM e 25% em mol de laurato de vinila obteve uma porcentagem final de 93% de NIPAM e 7% em mol de LV; enquanto o copolímero sintetizado na proporção reacional de 50% em mol de NIPAM e 50% em mol de laurato de vinila obteve uma porcentagem final de 87% de NIPAM e 13% em mol de LV. A quantidade real de laurato de vinila nos copolímeros é menor que a do meio reacional em função da menor reatividade do LV quando comparado à NIPAM.

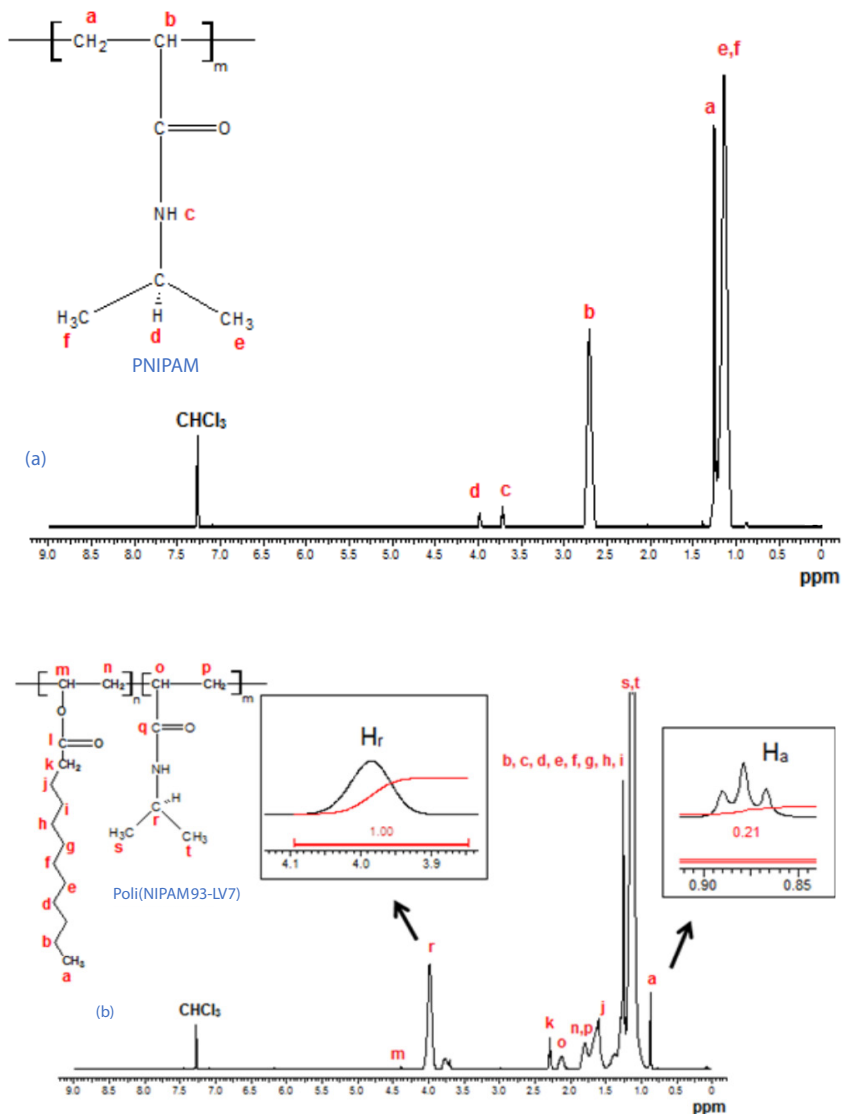



Figura 2.RMN [1]H da (a) PNIPAM e do (b) Poli(NIPAM93-LV7)

Para avaliar o efeito da filtração das amostras de polímero no tamanho das partículas, foram realizadas medidas de espalhamento de luz dinâmico das soluções poliméricas antes e depois da filtração (membrana de 0,45 μm), a diferentes temperaturas. As funções de autocorrelação resultantes e seus raios hidrodinâmicos correspondentes são apresentados na Figura 3 e na Tabela 2, respectivamente.

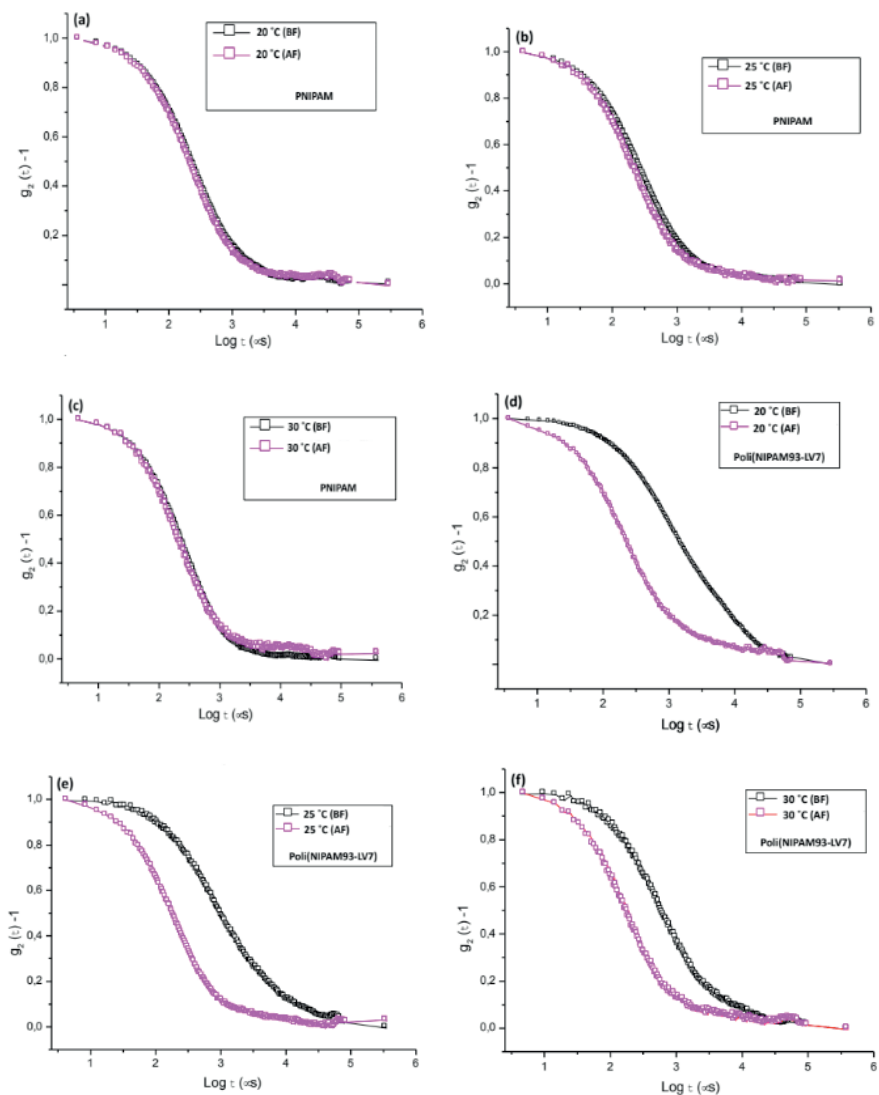
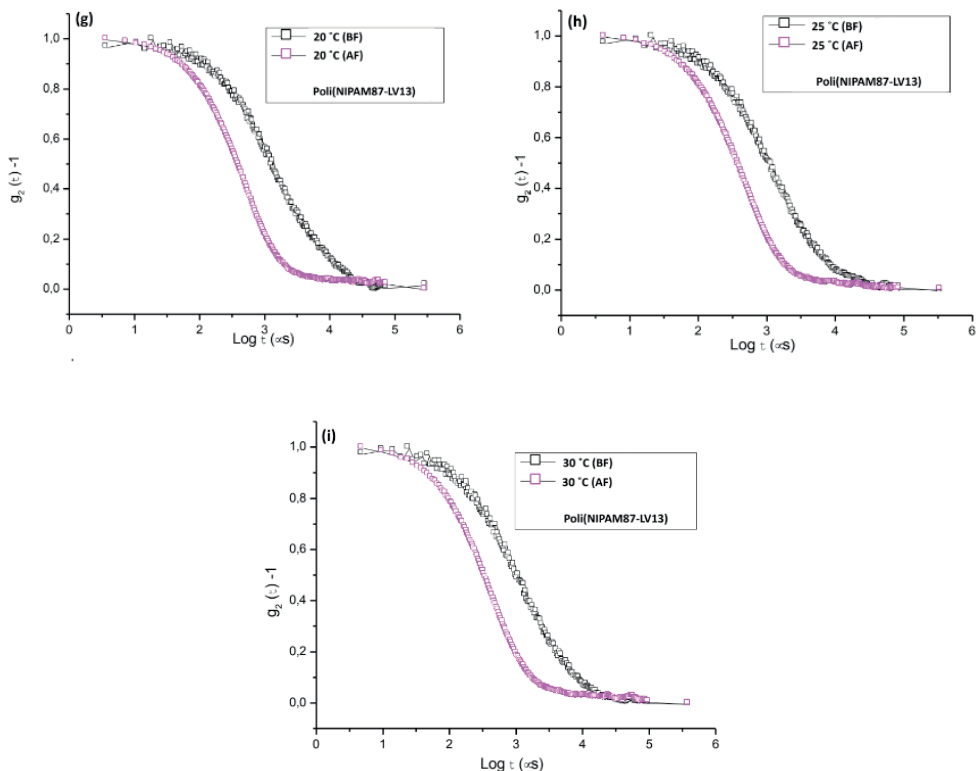



Figura 3. Funções de autocorrelação temporal versus o tempo de relaxação das soluções de (a, b, c) PNIPAM, (d, e, f) Poli(NIPAM93-LV7) e (g, h, i) Poli(NIPAM87-LV1),em diferentes temperaturas, antes e depois da filtração.

Para a PNIPAM, praticamente não houve diferença entre as curvas antes e depois da filtração. Entretanto, para os copolímeros, há um tempo de relaxação consideravelmente maior para as curvas das amostras não filtradas, o que indica agregação dos polímeros. Para o copolímero com maior quantidade de LV, a diferença entre os tempos de correlação da amostra antes e depois da filtração é menor, o que indica maior predominância de interações intramoleculares, com agregados de menor tamanho para o Poli(NIPAM87-LV13). Para ambos os copolímeros, a diferença entre as curvas das amostras filtradas e não filtradas diminui com a temperatura, o que indica maior mobilidade das cadeias (maior coeficiente de difusão) com o aquecimento até 30 °C. Esse comportamento também é indicado pelos tamanhos dos raios hidrodinâmicos dos polímeros, que diminui com a temperatura (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado na literatura para copolímeros de Poli(NIPAM-co-LV), contendo diferentes razões NIPAM/LV e preparados em solvente orgânico (CAO; LIU; GAO; YAO et al., 2005).

Amostra	20 °C	25 °C	30 °C
PNIPAM (AF)	6,13	9,75	13,28
	31,61	26,99	-
	-	77,22	51,36
	165,48	199,5	208,59
PNIPAM (DF)	6,25	15,84	10
	30,46	47,82	26
	131,38	126,3	100,3
Poli(NIPAM93-LV7) (AF)	5,01	9,96	25,12
	19,95	70,37	107,14
	53,85	-	-
	128,86	273,44	-
Poli(NIPAM93-LV7) (DF)	10	11,26	20,52
	25,14	40,81	33,09
	79,42	117,91	
Poli(NIPAM87-LV13) (AF)	9,24	7,94	11,48
	-	41,94	47,12
	132,92	100	165,62
	-	319,2	-
Poli(NIPAM87-LV13) (DF)	10,15	12,10	6,23
	31,62	-	19,95
	83,47	56,88	42,04
	249,43	110,69	-

Tabela 2 – Raio hidrodinâmico (nm) dos polímeros em água (1 g/L) antes da filtração (AF) e depois a filtração (DF)

A Figura 4 apresenta as curvas de viscosidade das soluções poliméricas em função da temperatura. A viscosidade da solução de PNIPAM diminui com o aumento da temperatura (comportamento típico de Arrhenius) e, em uma dada temperatura (33°C), a viscosidade da solução começa a aumentar, indicando associações intermoleculares polímero-polímero. A solubilidade da PNIPAM em água a baixas temperaturas se deve às interações de hidrogênio que o polímero possui com a água. Já o pico intenso de viscosidade a 34 °C (LCST da PNIPAM) é atribuído a dois fatores: (i) diminuição das ligações de hidrogênio polímero-solvente e (ii) aumento de interações hidrofóbicas entre os grupos isopropil da PNIPAM, que aumentam com o aumento da temperatura, promovendo a agregação intermolecular entre cadeias poliméricas. Aumentando a temperatura acima da LCST, a viscosidade das soluções diminui drasticamente. Este comportamento é característico da diminuição adicional das interações polímero-solvente e crescente aumento de interações hidrofóbicas entre cadeias de PNIPAM, causando agregação intramolecular, reduzindo a viscosidade. Efeito semelhante foi observado para o copolímero Poli(NIPAM93-LV7). Entretanto, a presença dos grupos hidrofóbicos do LV promoveu uma pequena diminuição

na LCST (33 °C) e uma menor viscosidade abaixo da LCST. A solução do copolímero com maior quantidade de LV apresentou turbidez a 20 °C, indicando que a LCST ocorre a uma temperatura inferior à temperatura dos ensaios reológicos. Neste caso, a viscosidade foi menos influenciada pela temperatura.

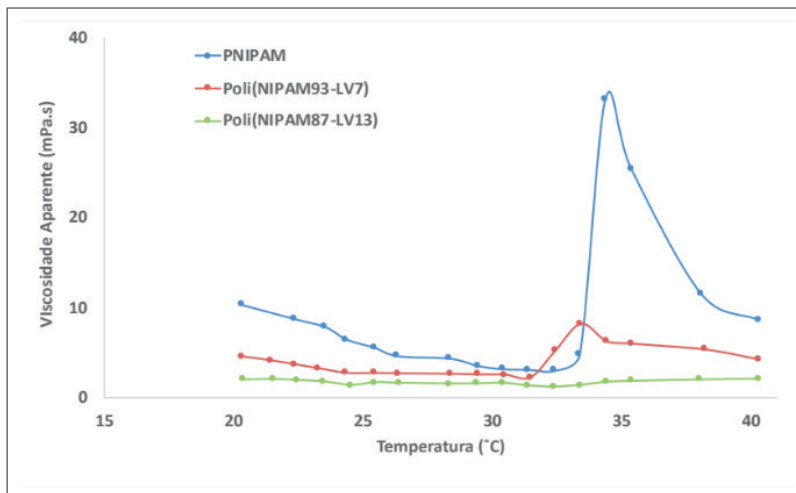



Figura 4 – Efeito da temperatura na viscosidade das soluções poliméricas.

4 | CONCLUSÕES

No presente trabalho, copolímeros baseados em *N*-isopropilacrilamida e laurato de vinila forma preparados com sucesso por polimerização radicalar em meio aquoso, como indicado por infravermelho e RMN. Um total de 7 e 13% de laurato de vinila foram incorporados aos copolímeros, conforme determinado por RMN. Os dados de DLS revelaram a formação de agregados mesmo a temperaturas inferiores à LCST dos polímeros. Para o copolímero com 7% de LV foi observada uma pequena diminuição na LCST em relação à PNIPAM, enquanto o copolímero com 13% de LV apresentou turbidez a 20 °C, indicando que a LCST ocorre a uma temperatura inferior à temperatura dos ensaios reológicos. Neste caso, a viscosidade foi menos influenciada pela temperatura.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

BORGES, M. R.; SANTOS, J. A. D.; VIEIRA, M.; BALABAN, R. Polymerization of a water soluble glucose vinyl ester monomer with tensoactive properties synthesized by enzymatic catalyst. **Materials Science and Engineering: C**, 29, n. 2, p. 519-523, 2009/03/01/ 2009.

CAO, Z.; LIU, W.; GAO, P.; YAO, K. *et al.* Toward an understanding of thermoresponsive transition behavior of hydrophobically modified N-isopropylacrylamide copolymer solution. **Polymer**, 46, n. 14, p. 5268-5277, 2005/06/27/ 2005.

CARVALHO, W. S. P.; LEE, C.; ZHANG, Y.; CZARNECKI, A. *et al.* Probing the response of poly (N-isopropylacrylamide) microgels to solutions of various salts using etalons. **Journal of Colloid and Interface Science**, 585, p. 195-204, 2021/03/01/ 2021.

CHEN, Q.; JIANG, X.; ZHEN, J. Preparation and characterization of temperature sensitive iron oxide nanoparticle and its application on enhanced oil recovery. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 2020.

MARQUES, N. D. N.; GARCIA, C. S. D. N.; MADRUGA, L. Y. C.; VILLETTI, M. A. *et al.* Turning industrial waste into a valuable bioproduct: Starch from mango kernel derivative to oil industry mango starch derivative in oil industry. **Journal of Renewable Materials**, 7, n. 2, p. 139-152, 2019. Article.

MARQUES, N. N.; LIMA, B. V.; SILVEIRA, V. R.; LIMA, B. L. B. *et al.* PNIPAM-based graft copolymers prepared using potassium persulfate as free-radical initiator: synthesis reproducibility. **Colloid and Polymer Science**, 294, n. 6, p. 981-991, 2016.

SUN, S.; LIU, W.; CHENG, N.; ZHANG, B. *et al.* A Thermoresponsive Chitosan–NIPAAm/Vinyl Laurate Copolymer Vector for Gene Transfection. **Bioconjugate Chemistry**, 16, n. 4, p. 972-980, 2005/07/01 2005.

WU, Q.; WANG, R.; CHEN, X.; GHOSH, R. Temperature-responsive membrane for hydrophobic interaction based chromatographic separation of proteins in bind-and-elute mode. **Journal of Membrane Science**, 471, p. 56-64, 2014/12/01/ 2014.

YANG, X.; LEE, H. Y.; KIM, J. C. Effect of hydrophobic comonomer content on assembling of poly (N-isopropylacrylamide) and thermal properties. **Journal of Applied Polymer Science**, 120, n. 4, p. 2346-2353, 2011.

CAPÍTULO 18

CATÁLISE DA CONVERSÃO DE FRUTOSE PARA HMF ATRAVÉS DE SÓLIDOS ÁCIDOS INORGÂNICOS

Data de aceite: 01/03/2021
Data de submissão: 05/02/2021

João Pedro Vieira Lima
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/6224763623492330

Pablo Teles Aragão Campos
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/4439877553802650

Mateus Freitas Paiva
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/8706613462389618

José Joaquín Linares León
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/5126547270872842

Sílvia Cláudia Loureiro Dias
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/1333492927266447

José Alves Dias
Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/1255270110503523

RESUMO: O hidroximetilfurfural (HMF) é uma importante molécula plataforma que serve como intermediário para diversos produtos. Esta pode ser obtida através da reação de desidratação de compostos presentes na biomassa. Uma rota muito estudada para este processo baseia-se na utilização de catalisadores sólidos ácidos, usualmente, aluminossilicatos amorfos e cristalinos (zeólitas). O processo também pode ser realizado mediante catálise homogênea com o uso dos polioxometalatos. Nesse trabalho, apresentamos os resultados correspondentes à reação de desidratação da frutose para obter o HMF em meio aquoso através dos seguintes catalisadores: zeólitas HY, H-Beta, HZSM-5, além do $H_3PW_{12}O_{40}$ (HPW). O uso destes catalisadores é uma tentativa de se evitar solvente orgânicos mais habitualmente usados, os quais possuem elevado potencial poluidor.

PALAVRAS-CHAVE: Hidroximetilfurfural (HMF); Frutose; Catálise heterogênea.

CATALYTIC FRUCTOSE CONVERSION FOR HMF USING INORGANIC SOLID ACIDS

ABSTRACT: Hydroxymethylfurfural (HMF) is an important platform molecule that serves as an intermediary for several products. HMF can be obtained through the dehydration reaction of compounds present in biomass. A widely studied route for this process is based on the use of solid acid catalysts, usually amorphous and crystalline aluminosilicates (zeolites). The process can also take place by homogeneous catalysis using polyoxometalates. In this work, we carried out the fructose dehydration reaction to obtain HMF in

aqueous medium using the following catalysts: HY, H-Beta and HZSM-5 zeolites, in addition to the $H_3PW_{12}O_{40}$ (HPW). The utilization of these materials in water is a tentative to avoid more habitual organic solvents that has a much higher pollutant potential.
KEYWORDS: Hydroxymethylfurfural (HMF); Fructose; Heterogeneous catalysis.

1 I INTRODUÇÃO

É inegável a dependência energética da sociedade atual de fontes fósseis. Segundo dados da *British Petroleum* em seu anuário, em 2019, as fontes renováveis ocuparam apenas 11% da produção total de energia (BP, 2020). Tal cenário implica em uma série de problemas socioeconômicos e ambientais, tais como os descritos a seguir.

É conhecido que as reservas de tais fontes não estão distribuídas de forma igualitária ao redor do mundo, concentrando-se em certas regiões. O'Rourke e Connolly ressaltam o fato de como a extração e exploração do óleo são inerentemente invasivas, afetando ecossistemas, saúde humana e culturas locais (O'ROURKE; CONNOLLY, 2003). Porém, este cenário pode ser estendido ao petróleo e demais recursos não renováveis. Outro ponto importante é que as reservas de fontes fósseis estão progressivamente esgotando-se, uma vez que os consumos unitários da sociedade se elevam cada vez mais e o tempo de reposição é da ordem de milhões de anos.

O uso de fontes não renováveis causam efeitos adversos tanto à saúde humana como ao meio ambiente, destacando-se a poluição e o aquecimento global. Este último é resultado da liberação dos chamados GEE (gases de efeito estufa), como o dióxido de carbono, metano, gases fluorados, dentre outros (ARMAROLI; BALZANI, 2007; KOÇAK; ŞARKGÜNEŞI, 2018). Diante de todo este cenário, torna-se cada vez mais interessante a busca e desenvolvimento de tecnologias de energia limpa e sustentável. Dentre as fontes energéticas alternativas, destaca-se a biomassa.

Biomassa pode ser definida como qualquer matéria orgânica de origem natural que pode ser usada para produzir energia. É caracterizada como uma abundante reserva energética, com alta taxa de reposição mantida por meio de ciclos naturais (sendo por isso considerada um recurso renovável), podendo ser convertida em combustíveis e compostos químicos de interesse industrial e social (RAGAUSKAS, 2006).

Na linha do aproveitamento energético da biomassa, este trabalho apresenta os resultados correspondentes à conversão de um carboidrato abundante em diversos tipos de biomassa (frutose) em um composto químico denominado 5-hidroximetilfurfural (HMF). O HMF é considerado uma molécula plataforma, ou seja, funciona como um intermediário para diversos produtos de interesse, o que inclui biocombustíveis. Além destes, produtos como plásticos e fármacos também podem ser obtidos a partir do HMF (LIU *et al.*, 2012; VAN PUTTEN *et al.*, 2013).

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver um sistema capaz de produzir HMF a

partir do monossacarídeo frutose em meio aquoso. Com isso, busca-se uma alternativa sustentável e limpa em comparação com as matérias primas fósseis classicamente usadas. O trabalho visa testar diferentes catalisadores no processo, a saber, zeólitas (aluminossilicatos de estrutura cristalina ordenada) e o ácido fosfotúngstico (HPW), todos eles de natureza ácida.

2 I METODOLOGIA

O processo de conversão da frutose em HMF foi realizado em autoclave durante 2 h com agitação magnética sob pressão autógena à temperatura de 120 °C, na presença do catalisador, exceto no branco. Em uma reação típica, coloca-se 1 g de D-(-)-frutose (NEON, 99%), 100 mg do catalisador em estudo e 30 mL de água ultrapura em recipiente de Teflon dentro de uma autoclave. Esta era aquecida em banho de óleo, com controle constante da temperatura. A Fig. 1 apresenta um esquema da sequência de operações.

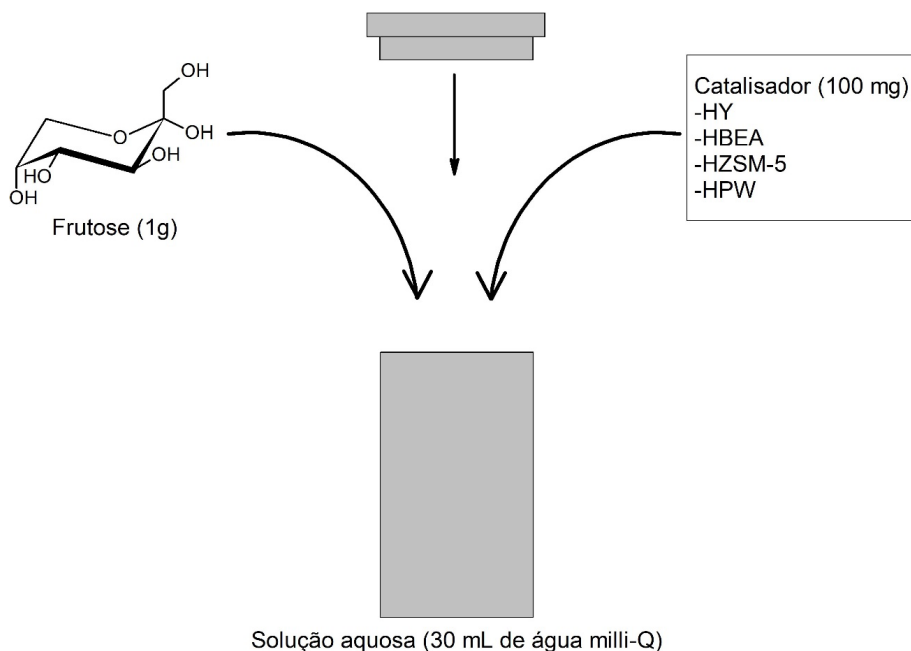



Figura 1: Esquema de preparação de HMF em um típico experimento reacional.

Após o término da reação, uma alíquota do meio reacional era retirada, centrifugada a 3400 rpm por 30 minutos e filtrado com auxílio de filtro de seringa 0,22 μm. Em seguida, era analisado por meio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Para tal, utilizou-se coluna cromatográfica Shim-Pack SCR-101H, com solução de ácido sulfúrico

com concentração 0,0125 mol L^{-1} como fase móvel, usando um equipamento da Shimadzu equipado com os detectores por índice de refração (RID) e por arranjo de diodos (DAD).

Para a devida quantificação da frutose consumida e HMF produzido, construiu-se curvas analíticas injetando solução padrão de frutose e HMF (Sigma-Aldrich, 99%), respectivamente, com concentrações conhecidas. As curvas apresentaram alta linearidade, conforme pode ser observado na Fig. 2, e foram construídas relacionando a concentração conhecida das soluções com a área do pico correspondente observada no RID.

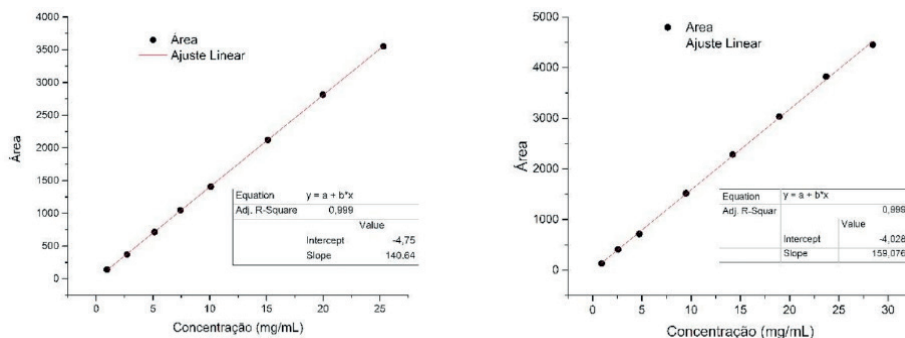



Figura 2: Curva analítica da Frutose (esquerda) e curva analítica do HMF (direita) com seus respectivos ajustes lineares.

A conversão (C), seletividade (S) e rendimento (R) foram calculadas de acordo com as equações 1 a 3:

$$C\,(\%) = \frac{(\text{mols de frutose iniciais}) - (\text{mols de frutose remanescentes})}{(\text{mols de frutose iniciais})} \times 100 \quad (1)$$

$$R\,(\%) = \frac{(\text{mols de HMF produzidos})}{(\text{mols de frutose iniciais})} \times 100 \quad (2)$$

$$S\,(\%) = \frac{R}{C} \times 100 \quad (3)$$

Os catalisadores utilizados foram: as zeólitas HY, HBEA e HZSM-5 (adquiridos da *Zeolyst*), além do ácido fosfotúngstico (HPW, Sigma-Aldrich, 99%). Um experimento sem catalisador (branco) também foi feito para comparação de resultados e apuração se há ou não a necessidade de emprego de catalisador. Todas as zeólitas passaram por um pré-tratamento térmico de calcinação na temperatura de 550 °C por 8 h.

Os catalisadores foram caracterizados mediante difratometria de raios X (DRX) e análise textural (área específica). A primeira foi feita em difratômetro de pó *Bruker* (modelo D8 Focus,), com radiação proveniente de tubo de Cobre (CuK = 0,15418 nm). A velocidade de obtenção dos dados foi de 1 grau min^{-1}, com incremento de 0,02°, na faixa . Quanto à análise textural, foi feita por meio da fisissorção de nitrogênio molecular à temperatura de -196 °C, no equipamento ASAP (*Accelerated Surface and Porosimetry System)*, modelo 2020C da Micromeritics.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões de raios X dos catalisadores utilizados podem ser visualizados na Fig. 3.

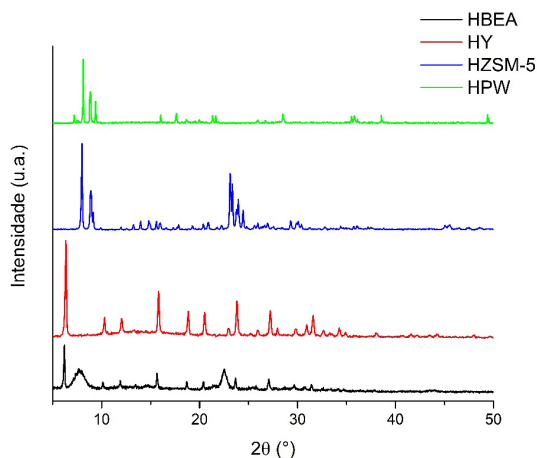



Figura 3: Difratogramas dos catalisadores utilizados.

Observa-se que todos os catalisadores têm estrutura bem cristalina, com picos de alta intensidade em pequenos intervalos angulares. Os padrões de DRX observados foram conferidos com bancos de dados na literatura (IZA e ICDD). Entretanto, ressalta-se que o HPW apresenta completa solubilidade em água, diferentemente das zeólitas que são insolúveis. As áreas específicas obtidas estavam dentro do esperado para esses materiais comerciais, de acordo com a literatura e os dados dos fornecedores.

Catalisador	S_{BET} ($m^2 g^{-1}$)
H-Beta	705
HY	713
HZSM-5	412
HPW	5

Tabela 1: Dados de área específica (obtida usando a isoterma de BET) dos catalisadores.

Antes de discutir a eficácia de cada catalisador, é importante confirmar se HMF realmente foi produzido, do ponto de vista analítico. A primeira evidência disso é que, ao analisar qualquer cromatograma de uma alíquota reacional, foi observado um pico no RID no mesmo tempo de retenção do pico presente nos cromatogramas das soluções padrão de HMF (que só continham HMF e o solvente). Em segundo lugar, é sabido que o HMF tem um pico de absorção por volta de 283 nm (RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013), o que foi observado pelo DAD ao injetar alíquotas reacionais, mais uma vez no mesmo tempo de retenção quando comparado às soluções padrão de HMF.

Porém, para não deixar dúvidas, foram construídos mapas de contorno, que mostram uma varredura de absorção em vários comprimentos de onda no tempo de retenção do HMF de uma solução padrão e de uma alíquota reacional. Os mapas de contorno podem ser observados na Fig. 4, na qual fica claro nas imagens que os perfis de absorção são muito semelhantes, confirmando a hipótese de que o HMF foi devidamente produzido.

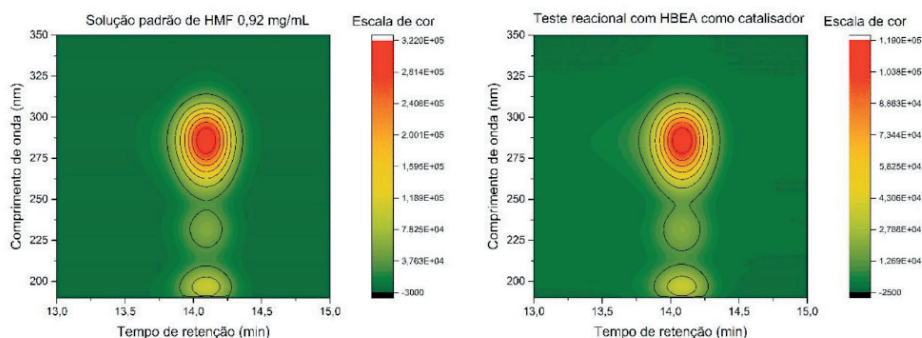



Figura 4: À esquerda, mapa de contorno de uma solução de HMF comercial (0,92 mg mL^{-1}). À direita, mapa de contorno de um teste reacional utilizando-se HBEA como catalisador. Repare que o tempo de retenção é o mesmo, e o pico de absorção ocorre por volta de 283 nm.

A seguir, são apresentados os resultados correspondentes à conversão, seletividade e rendimento dos diferentes catalisadores estudados (Fig. 5).

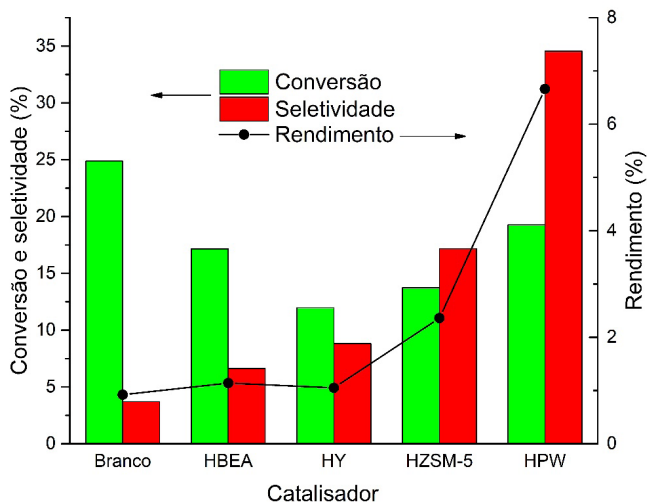



Figura 5: Histograma de conversão, seletividade e rendimento dos catalisadores testados, em ordem crescente de seletividade.

Em primeiro lugar, pode ser observado a necessidade de utilização do catalisador. Apesar do teste branco apresentar uma conversão relativamente alta, mostrou-se como o menos seletivo dentre os materiais, produzindo uma quantidade diminuta do produto de interesse, inclusive superada por aqueles cuja conversão foi bem inferior, como é o caso das zeólitas HBEA e HZSM-5.

Dentre as zeólitas, o rendimento mostrou-se proporcional à força ácida dos sítios ativos das zeólitas (FREITAS *et al.*, 2018; DRAGO *et al.*, 1997). Isto indica que as características ácidas do catalisador exercem papel fundamental na atividade do catalisador, por se tratar de um processo de desidratação cuja cinética é acelerada na presença de centros ácidos. No entanto, no caso da seletividade o comportamento não foi linear ou mesmo crescente.

A baixa seletividade da HBEA foi associada ao fato de seus sítios fortes e acessíveis terem facilitado a conversão do HMF formado outros produtos indesejados. Os poros menores da HZSM-5 diminuíram a acessibilidade dos sítios e impediram reações consecutivas, como de oligomerização. Isto, combinado com sua elevada força ácida, garantiu a mais alta seletividade e os melhores resultados dentre os aluminossilicatos. Quando se trata da HY, a sua baixa atividade, caracterizada pela menor conversão dentre todos os experimentos, foi consequência de sua menor força ácida. Apesar disso, seus sítios ácidos menos agressivos aumentaram a estabilidade do HMF no meio, permitindo

uma razoável seletividade.

Por fim, o ácido fosfotúngstico (HPW) trouxe os melhores resultados. Isto foi associado principalmente ao fato de a catálise ser homogênea, o que favoreceu a seletividade, além da elevada acidez de Brønsted. No entanto, em termos de recuperação e reciclo do catalisador, esse sistema fica bem mais dificultado (QI *et al.*, 2009).

É importante destacar que se trata de um desafio produzir HMF partindo-se da frutose *em meio aquoso*, principalmente pela possibilidade de ocorrer o processo de reidratação do HMF para ácido levulínico quando se utiliza água como solvente (LUCAS *et al.*, 2013). Além disso, diversas outras reações paralelas e indesejadas acontecem, gerando especialmente oligômeros solúveis e huminos, levando a um decréscimo no rendimento do processo (LV *et al.*, 2017). Porém, para seguir um protocolo verde, descartou-se o emprego de solventes orgânicos neste trabalho, uma vez que, apesar de eles aumentarem consideravelmente o rendimento e seletividade, implicam em diversos problemas ambientais.

4 I CONCLUSÃO

Para maximizar a conversão e seletividade do processo de conversão de frutose a HMF, este trabalho mostra a importância da catálise e as características físico-químicas dos catalisadores. Em especial, a força ácida dos sítios ativos junto com a acessibilidade a esses sítios possui um papel fundamental para maximizar a conversão e a seletividade simultaneamente, cuja melhor combinação é encontrada para o material HZSM-5 para zeólitas (processo heterogêneo) e HPW (catálise homogênea). Cabe ressaltar que todos os dados obtidos foram em meio aquoso, sem a utilização de solventes orgânicos mais caros e poluentes.

RECONHECIMENTO

Agradecimento aos professores Joaquín, Sílvia e José, ao MCTI-CNPq, CAPES, FAP-DF, FINEP-CTInfra.

REFERÊNCIAS

ARMAROLI, Nicola; BALZANI, Vincenzo. The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. **Angewandte Chemie International Edition**, [S. l.], v. 46, n. 1–2, p. 52–66, 2007. DOI: 10.1002/anie.200602373. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.1002/anie.200602373.

BP. BP **Statistical Review of World Energy**, 2020. Disponível em: http://www.bp.com/statisticalreview/ > Acesso em janeiro/2020.

DRAGO, Russell S.; DIAS, Sílvia C.; TORREALBA, Mariana; DE LIMA, Lola. Calorimetric and Spectroscopic Investigation of the Acidity of HZSM-5. **Journal of the American Chemical Society**, [S. l.], v. 119, n. 19, p. 4444–4452, 1997. DOI: 10.1021/ja9633530. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja9633530.

FREITAS, Elon F.; ARAÚJO, Ágabo A. L.; PAIVA, Mateus F.; DIAS, Sílvia C. L.; DIAS, José A. Comparative acidity of BEA and Y zeolite composites with 12-tungstophosphoric and 12-tungstosilicic acids. **Molecular Catalysis**, [S. l.], v. 458, p. 152–160, 2018. DOI: 10.1016/j.mcat.2018.03.005. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468823118301020

KOÇAK, Emrah; ŞARKGÜNEŞI, Aykut. The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 790–804, 2018. DOI: 10.1007/s11356-017-0468-2. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/s11356-017-0468-2.

LIU, Jitian; TANG, Yu; WU, Kaigui; BI, Caifeng; CUI, Qiu. Conversion of fructose into 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and its derivatives promoted by inorganic salt in alcohol. **Carbohydrate Research**, [S. l.], v. 350, p. 20–24, 2012. DOI: 10.1016/j.carres.2011.12.006. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008621511005908.

LUCAS, Nishita; KOKATE, Ganesh; NAGPURE, Atul; CHILUKURI, Satyanarayana. Dehydration of fructose to 5-hydroxymethyl furfural over ordered AlSBA-15 catalysts. **Microporous and Mesoporous Materials**, [S. l.], v. 181, p. 38–46, 2013. DOI: 10.1016/j.micromeso.2013.07.015.

LV, Guangqiang; DENG, Liangliang; LU, Boqiong; LI, Jinlong; HOU, Xianglin; YANG, Yongxing. Efficient dehydration of fructose into 5-hydroxymethylfurfural in aqueous medium over silica-included heteropolyacids. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 142, p. 2244–2251, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.053. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616318911.

O'ROURKE, Dara; CONNOLLY, Sarah. Just Oil? The Distribution of Environmental and Social Impacts of Oil Production and Consumption. **Annual Review of Environment and Resources**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 587–617, 2003. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105617. Disponível em: http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.28.050302.105617.

QI, Xinhua; WATANABE, Masaru; AIDA, Taku M.; SMITH, Richard L. Sulfated zirconia as a solid acid catalyst for the dehydration of fructose to 5-hydroxymethylfurfural. **Catalysis Communications**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. 1771–1775, 2009. DOI: 10.1016/j.catcom.2009.05.029.

RAGAUSKAS, A. J. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. **Science**, [S. l.], v. 311, n. 5760, p. 484–489, 2006. DOI: 10.1126/science.1114736. Disponível em: https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1114736.

RODRIGUES, Naira Poerner; BRAGAGNOLO, Neura. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC–DAD–MSn. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 105–115.

VAN PUTTEN, Robert Jan; VAN DER WAAL, Jan C.; DE JONG, Ed; RASRENDRA, Carolus B.; HEERES, Hero J.; DE VRIES, Johannes G. Hydroxymethylfurfural, a versatile platform chemical made from renewable resources. **Chemical Reviews American Chemical Society**, [S. l.], 2013. DOI: 10.1021/cr300182k. Disponível em: https://pubs.acs.org/sharingguidelines. Acesso em: 20 dez. 2020.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquosas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados (TiO_2/UV-A e TiO_2/Solar, H_2O_2/UV-C) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Atualmente realiza pós-doutorado na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (*i*) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de solventes e metais de alto valor para reutilização em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (*ii*) Estudos de monitoramento de CIE; (*iii*) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (*iv*) Aplicação de processos oxidativos avançados (H_2O_2/UV-C, TiO_2/UV-A e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (*v*) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas e (*vi*) Educação Ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

D

E

F

G

H

I

L

O

P

Q

R

S

T

Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Química:

Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br